

筑波大学農林技術研究

第5号

平成29年3月

総 説

Developmental Control of Horticultural Plants Using Strigolactone to Improve Marketability
Seung Won KANG 1

技術報告

UAVによる空中写真測量技術を用いた河床形状測量における 精度検証
— 東河内沢本川における事例 —
上治雄介・山川陽祐 9

資 料

筑波大学農林技術センター演習林気象報告
— 川上演習林気象観測データ(2015年)—
井波明宏 21

筑波大学農林技術センター演習林気象報告
— 井川演習林気象観測データ(2015年)—
上治雄介 29

筑波大学農林技術センター演習林気象報告
— 筑波実験林気象観測データ(2015年)—
佐藤美穂 37

筑波大学農林技術センターを利用した研究成果 45

筑波大学農林技術研究 投稿規定 50

筑波大学農林技術研究 原稿作成要領 51

筑波大学農林技術研究

第5号

2017

筑波大学農林技術センター

筑波大学農林技術研究

Tsukuba Journal of Agriculture and Forestry

第5号

平成29年3月

筑波大学農林技術センター

Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba

筑波大学農林技術研究編集委員

委員長	戒 能 洋 一	農林技術センター
幹 事	瀬古澤 由 彦	農林技術センター
〃	門 脇 正 史	農林技術センター
	トファエル アハメド	生命環境系
	立 花 敏	生命環境系
	古 川 誠 一	生命環境系
	山 中 勤	生命環境系
	加 藤 盛 夫	農林技術センター
	津 村 義 彦	農林技術センター
	佐 藤 美 穂	農林技術センター
	本 間 毅	農林技術センター

全文ウェブ公開

筑波大学農林技術センター

<http://www.nourin.tsukuba.ac.jp/tjaf/>

筑波大学附属図書館つくばリポジトリ

<https://www.tulips.tsukuba.ac.jp/lib/>

筑波大学農林技術研究

第 5 号

平成29年 3 月

総説

- Developmental Control of Horticultural Plants Using Strigolactone to Improve Marketability
Seung Won KANG 1

技術報告

- UAVによる空中写真測量技術を用いた河床形状測量における精度検証
— 東河内沢本川における事例 —
上治雄介・山川陽祐 9

資 料

- 筑波大学農林技術センター演習林気象報告
— 川上演習林気象観測データ(2015年) —
井波明宏 21
- 筑波大学農林技術センター演習林気象報告
— 井川演習林気象観測データ(2015年) —
上治雄介 29
- 筑波大学農林技術センター演習林気象報告
— 筑波実験林気象観測データ(2015年) —
佐藤美穂 37
- 筑波大学農林技術センターを利用した研究成果 45
- 筑波大学農林技術研究 投稿規定 50
- 筑波大学農林技術研究 原稿作成要領 51

総説

Developmental Control of Horticultural Plants Using Strigolactone to Improve Marketability

Seung Won KANG^{1,2*}

¹ Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan

² Agricultural and Forest Research Center, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577, Japan

Abstract

Height control, branching, adventitious root formation, shelf life are very important traits that determine the quality and marketability of horticultural plants so that various type of plant growth regulators and synthetic analogs are widely used. In particular, branching and plant height control are the key traits for cut flower and pot plant production in floricultural industry. Strigolactone is a new phytohormone known to control branching and leaf senescence in many plants. However, commercial application related to strigolactone biosynthesis and signaling has not been developed despite its structure and physiological role has been identified. In this review, we suggest potentiality of commercial application related to strigolactone in order not only to control growth and development but also to improve marketability of horticultural plants.

Keywords: Branching, Cuttings, Ethylene, Height control, Ripening, Shelf life

Introduction

Phytohormones, also called plant growth regulators are small chemical substances but profoundly influence the growth and development of plants. There are five classical plant hormones such as abscisic acid (ABA), auxin, cytokinin, gibberellin, and ethylene. In addition, brassinosteroids, polyamines, salicylic acid, peptides involved in cell-to-cell signaling, and strigolactones are also considered plant hormones. Various types of synthetic phytohormones have been widely used in order to control plant growth

and development in horticultural industry. Synthetic auxins are not only used for stimulation of pigmentation, enlargement, ripening of fruits such as tomato, eggplant, melon but also used for prevention of fruit falling of apple and pear (Ada et al., 2013; de Jong et al., 2009; Watanabe et al., 2008). Indole-3-butyric acid (IBA) and 1-naphthaleneacetic acid (NAA), synthetic auxins, are used in order to stimulate adventitious root formation of apple stock for grafting and various ornamental plants (Fig. 1A and B) (Divin et al., 2011; Karakurt et al., 2009). 2, 4-dinitrophenylhydrazine (2,

*Corresponding Author: Seung Won KANG Faculty of Life and Environmental Sciences,
University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan
E-mail: kang.seungwon.ga@u.tsukuba.ac.jp

4-D) is widely used for herbicide (Fig. 1C) (Egana et al., 2011; Schulz and Segobye, 2016). Gibberellins are used for induction of seedless fruits, stimulation or delay of ripening, enlargement of cucumber fruit, flowering stimulation of azalea and cyclamen, stimulation of germination and the growth of flowering plants (Chen and Chang, 1972; de Jong et al., 2009; Martínez et al., 1994; Vendrell 1969; Yamaguchi and Kamiya, 2001). In addition, benzyl adenine (6-benzyl aminopurine, BA), thidiazuron (TDZ), forchlorfenuron (1-(2-Chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea), belong to cytokinin family and these are used as a stimulant for the pigmentation and enlargement of fruits, fruiting, and so on (Fig. 1D, E and F). Ethephon, converted to ethylene in plant, accelerates fruit ripening and pigmentation of apple, persimmon, and peach and stimulates flowering of pineapple and mango (Fig. 1G).

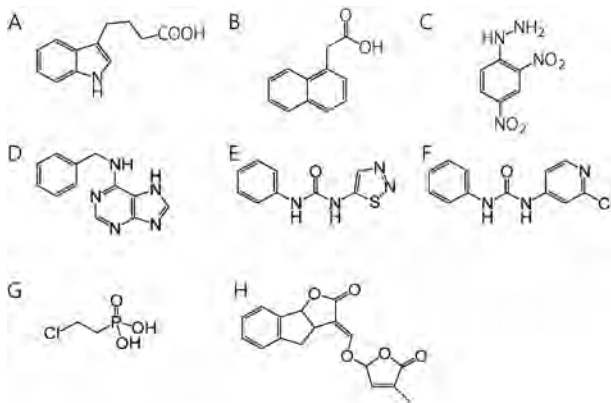


Fig.1 Plant hormones in plants.

A: Indole-3-butyric acid (IBA), B: 1-naphthaleneacetic acid (NAA), C: 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-D), D: benzyl adenine (6-benzyl aminopurine, BA), E: thidiazuron (TDZ), F: forchlorfenuron (1-(2-Chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea), G: Ethephon, H: Strigolactone.

Strigolactone is a brand new phytohormone and plays an important role in inhibition of branching in many plants the synthetic analog, e.g. GR24, was developed and has been widely used in hormonal regulation research in plants (Fig 1 H). Strigolactone is involved in the symbiosis with fungi by acting recognition signals in the soil and controls shoot branching in many plants (Akiyama et al., 2005; Gomez-

Roldan et al., 2008; Umehara et al., 2008; Alder et al., 2012). In 1966, it was firstly reported and its structure was identified (Cook et al., 1966; Cook et al., 1972; Siame et al., 1993). Strigolactones are derived from carotenoid pathway, terpenoid lactones (Matusova et al., 2005; Alder et al., 2012). Various types of strigolactones have been identified in many plant species. However, all strigolactones have four rings as their common structure (Fig. 2). Three rings (ring A, B, and C) form tricyclic lactone and another is butenoic group (ring D). Of four basic rings in strigolactone, conformation of two rings (A and B) varies depending on side groups whereas other two rings, C and D, are not only highly conserved in most strigolactones but also considered playing an important role in biological activity (Xie et al., 2010).

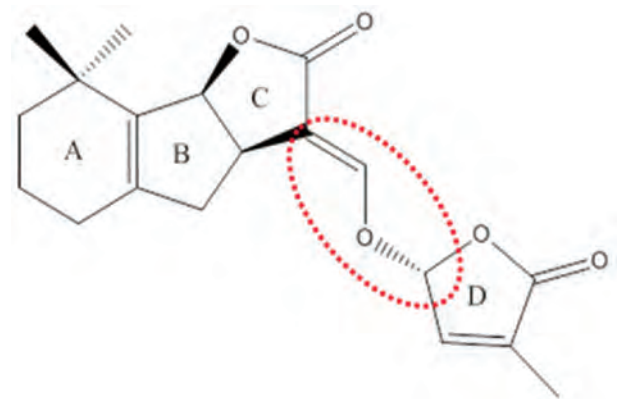


Fig.2 Basic structure of strigolactones.

Red dot circle shows enol-ether bridge between tricyclic lactone (ring A, B, and C) and butenoic group (ring D) (modified from Kohlen et al., 2013).

Height control, branching, adventitious root formation and shelf life are very important features which determine the quality and marketability of horticultural plants so that various type of plant growth regulators, synthetic analogs, inhibitors have been widely applied. This review will focus on the physiological role of strigolactones and the potential applicability in order not only to control growth and development but also to improve marketability of horticultural plants.

Biosynthesis of Strigolactone in plant

A decade ago, it was suggested that strigolactones might be synthesized from carotenoid pathway (Matusova et al., 2005). Various genes involved in strigolactones biosynthesis and signaling have been identified and characterized in *Arabidopsis* (*AtD27*, *MAX3*, *MAX4*, *MAX2*, *AtD14*, *BRC1*), pea (*Psd27*, *RMS5*, *RMS1*, *RMS4*, *PsBRC1*), rice (*D27*, *D17/HTD1*, *D10*, *D3*, *D14*, *FC1*), and petunia (*DAD3*, *DAD1*, *PhMAX2A-B*, *DAD2*). Precursor of strigolactones, carlactone is produced by three steps. All-*trans*- β -carotene is isomerized to 9-*cis*- β -carotene catalyzed by D27 (Alder et al., 2012). 9-*cis*- β -carotene is cleaved by CCD7 so that it produces β -apo-10'-carotenal which is then cleaved by CCD8 to produce carlactone. D-ring, one of the basic structures of strigolactones, is formed in this step (Fig. 3).

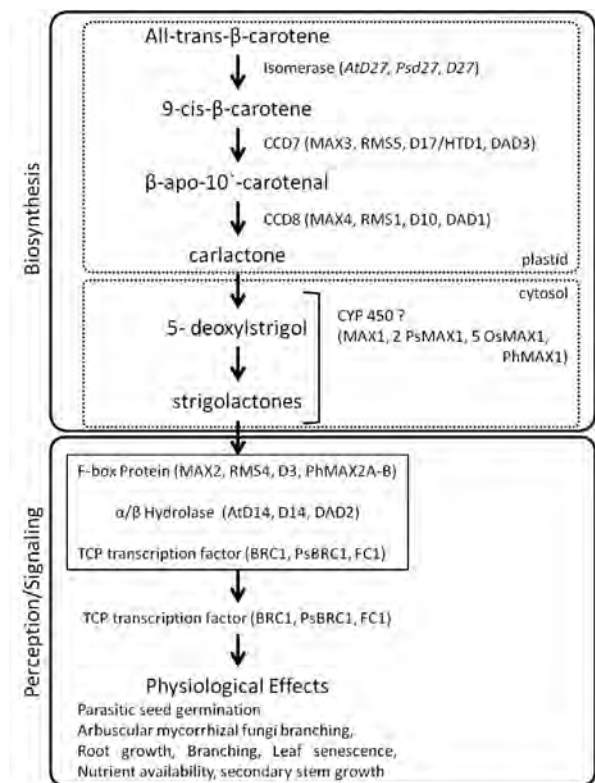


Fig.3 Strigolactone biosynthesis and genes involved in plants (modified from Czarnecki et al., 2013 and de Saint Germain et al., 2013).

MAX2 isolated from *Arabidopsis* and D14 (DWARF14) from rice, which belong to F-box protein and α/β -hydrolase respectively, are considered strigolactone receptor (Arite

et al., 2009; Beveridge and Kyoizuka, 2010). D14 is known to involve in the downstream of strigolactone biosynthesis as a signaling hormone or convert strigolactone to be active by cleaving D-ring. D14 protein group, DAD2, AtD14 and OsD14, share the same common structure of a hydrophobic active site that contains Ser-His-Asp. Three amino acids are conserved in all D14 protein groups. Nocturnal condition or senescence signal induces expression of strigolactone synthesis genes, *MAX3* and *MAX4*, in the leaves of *Arabidopsis* resulting in accelerated leaf senescence by enhancing strigolactone signal pathway (Ueda and Kusaba, 2015). In addition, *MAX3* and *MAX4* are induced in the leaves under drought and salt stresses (Ha et al., 2014) by suggesting the strong possibility of strigolactone synthesis in plant leaves.

Height control and Branching

Cut flowers account for the largest market share in floricultural industry followed by pot plants. In order to produce high quality cut flowers, long and strong flower stalk and one big flower are required. In addition nutrient should be concentrated only a single stalk. On the other hand, pot plants require short plant height with large number of branches with many flowers. Considering such requirements for cut flower and pot plant production, branching control can be the main key factor for cut flowers and pot plants quality, one branch versus many branches. Pinching has been widely used to control the plant height and induce branching for pot plants. When the apical meristem was removed by pinching, plants lose apical dominance governed by auxin synthesized from apical meristem. Therefore, axillary buds start to develop resulting in formation of new branches. In addition, various dwarf reagents such as; ancymidol, daminozide, paclobutrazol, chlormequat chloride, ethephon, and uniconazole-P are used for controlling plant height by inhibiting stem elongation. Ancymidol, paclobutrazol, and uniconazole-P

are applied by a drench, whereas daminozide is applied by a foliar spray. Chlormequat chloride can be applied by both methods.

Several mutants were found with increased shoot branching phenotype, *more axillary growth (max)* in *Arabidopsis* (Stirnberg et al., 2002; Sorefan et al., 2003; Booker et al., 2004), *ramous (rms)* in pea (Beveridge et al., 1994, 1996; Beveridge et al., 2000), and *dwarf (d)* and *htd* genes in rice (Ishikawa et al., 2005; Zou et al., 2006; Arite et al., 2007; Jiang et al., 2013). *e9* mutant (*d53*) of rice, a dominant mutant, has a phenotype of dwarf and high-tillering even though amount of 2'-epi-5-deoxystigol is much higher in the wild type suggesting this mutant is involved in strigolactone signaling (Jiang et al., 2013). In this mutant, D53 proteins are accumulated so that it blocks strigolactone signaling resulting in dwarf and high tillering phenotype. *High-tillering dwarf (htd)* in rice (*Oryza sativa*) produces a lot of axillary buds leading increased number of tillers and also *htd* showed dwarf phenotype due to reduction of internode and panicle (Zou et al., 2005). A recessive gene, *htd1*, controls high-tillering and dwarf phenotype in rice. There is a nucleotide substitution in *OsCCD7* leading an amino acid substitution from proline to leucine resulting in *htd1* gene in mutant. *OsCCD7* is an orthologous gene of *MAX3/CCD7* in *Arabidopsis*. For *max3* mutant, a recessive gene of *MAX3* exhibits shorter petiole and reduced length of leaf blade (Booker et al., 2004). Therefore, these mutants imply some genes involving in the biosynthesis of strigolactone may be related to form tight and small rosette which causes various physiological disorder of flowering perennials. For chrysanthemums in particular, rosette is the one of the physiological dormant phenomenon and appears when chrysanthemums are exposed to high temperature followed by the low temperature during the autumn. Under these environmental conditions, internode of chrysanthemums is not elongated and rosette, as a result, is formed resulting in delayed growth of chrysanthemum and

chrysanthemum cannot flower even if optimum temperature and day-length are given.

Branching is the one of the important phenotype required to produce pot plants in floricultural practice. Once plants lose the function of strigolactone resulting in increasing number of branches, it affects plant height as a result. Therefore, branching and low plant height can be controlled without pinching and application of dwarf reagents. Furthermore, it will be possible to induce desirable phenotypes, if we can control the strigolactones at a certain level in plants or its signaling pathway. In addition, this may contribute not only to protect the environment by reducing the amount of dwarf reagents but also to reduce the labor costs.

Adventitious root formation for cuttings

Cutting is the most common techniques widely used for proliferation of clones whose genetic background is identical. It is not only the easy way to maintain good genotypic characteristics but also guarantees the same quality for farmers. In order to stimulate adventitious root formation from cutting, NAA is usually treated and adventitious roots are formed from the basal part.

It has been known that strigolactones inhibit adventitious root formation in *Arabidopsis* and pea (Rasmussen et al., 2012b). It was also reported that the formation of adventitious root was promoted, when biosynthesis of strigolactone was inhibited (Rasmussen et al., 2012a). Number of adventitious roots was significantly increased for both mutants with defective in biosynthesis of strigolactones and in response. For three mutants defective in biosynthesis, *max1*, *max3*, and *max4*, number of adventitious root increased by 3 times at maximum than wild type. *max1*, unresponsive mutant to strigolactone signal, showed 5 times of increase in number of adventitious root in *Arabidopsis* (Rasmussen et al., 2012b). GR24, synthetic strigolactone, inhibited adventitious root formation of *max1*, *max3*, and *max4* whereas *max2* formed adventitious root even

though GR24 is treated. Therefore, these results suggest strigolactone signaling rather than biosynthesis pathway is involved in the adventitious root formation of cuttings.

In addition, Rasmussen et al. (2012a) suggested inhibition of strigolactone would improve adventitious root formation of horticultural plants. Fluridone, known as a carotenoid inhibitor and herbicides widely used, was treated to five commercial plants, *Tradescantia fluminensis* (Wandering Jew), *Trachelospermum jasminoides* (Chinese jasmine), *Jasminum polyanthum* (Pink jasmine), *Plumbago auriculata* (Cape leadwort), and *Pongamia pinnata* (Indian Beech Tree) (Rasmussen et al., 2012a). Application of fluridone improved rooting and number of adventitious roots of *P. auriculata* and *J. polyanthum* cuttings and optimum concentration was 100 nM. However, application did not affect rooting of *T. fluminensis* and *T. jasminoides*. For the Genus *Tradescantia*, stem cuttings is the technique widely used and adventitious roots are formed very well even though synthetic auxin for inducing rooting is not treated on the basal part. Combined application of fluridone with commercial rooting hormone did not improve the rooting percentage compared to rooting hormone treatment, moreover, number of adventitious roots in *P. auriculata* and *J. polyanthum* decreased.

T. fluminensis is monocot and herbaceous plant and *T. jasminoides* woody and has very long stems. Climbing is the common characteristic of Both plants. In particular, *T. jasminoides* is likely to restore apical dominance when apical meristem is removed because the very next node produces axillary bud and then new main stem elongates. *J. polyanthum* and *P. auriculata* are shrubs and have climbing characteristics. However, there is lack of information about effect of combination or fluridone only treatment on rootings of herbaceous horticultural plants such as chrysanthemums, carnations, poinsettias, bulbs, cacti, woody plants, etc. These plants are used as pot plants and cut

flowers and accounts for large amount of annual yield. Therefore, it is necessary to identify how strigolactone signaling affects adventitious root formation in various horticultural plants in order to develop practical techniques to stimulate rooting.

Ripening and Senescence process of fruits and vegetables

Quality control of postharvest fruits, vegetables, and flowers are very important due to their short shelf-life (Paliyath et al., 2008). During the ripening processes of fruits or senescence process of leafy vegetables or flowers, various physiological and biochemical changes occur from a cellular level to tissue level, by changing biochemical characteristics such as color, flavor, texture, and taste. Ethylene biosynthesis and signaling is one of the key factors for fruit ripening and senescence of leafy vegetables and cut flowers. Methionine, for the first step in ethylene biosynthesis, is converted to S-Adenosyl methionine (SAM) by Methionine adenosyl transferase and then, as a sequential step, SAM is converted to 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) by ACC synthase. ACC oxidase oxidizes ACC to produce ethylene (Wang et al., 2002). Leaves of *Arabidopsis* mutants lack of strigolactone biosynthesis showed delayed senescence phenotype under the dark condition (Ueda and Kusaba, 2015), whereas *MAX3* and *MAX4*, genes involved in biosynthesis of strigolactones in *Arabidopsis*, were strongly expressed by ethylene treatment under the same condition. In addition, it is suggested strigolactones is synthesized in the leaf under abiotic stresses such as drought and salt stresses (Ha et al., 2014), although it has been widely known that strigolactone or its precursor are synthesized in the root and transported through xylem (Kohlen et al., 2011). Therefore, strigolactone can be possibly synthesized in other organs, such as flowers, fruits, because many flowers and fruits synthesize carotenoid as a component of pigments in the way that strigolactone is

involved in fruit ripening or flower senescence via complex hormonal responses (Zhu et al., 2010; Su et al., 2015).

Leaves of strigolactone insensitive mutant (*Atd14*) and signaling defective mutants (*max2*) kept green even though GR 24 was treated. This result implies induction of senescence in leaves is stimulated by strigolactone signaling rather than by strigolactone content. Also, strigolactone stimulates leaf senescence by enhancing signaling pathway mediated by ethylene. Therefore strigolactone may affect the leaf senescence in combination with ethylene so that crosstalk of hormonal signaling should not be ignored in postharvest physiology. Hormonal signaling crosstalk between ethylene and strigolactone would induce enhanced senescence of leafy vegetables and cut leaves under the dark condition where they are stored during transportation. On the other hand, hormonal relationship between ethylene and strigolactone has not been identified in fruits and flowers yet. In tomato, for example, various type of strigolactones, such as Orobanchol, 7-oxoorobanchol, solanacol, didehydroorobanchol, has been isolated but their physiological role in tomato is not clear (Kohlen et al., 2013).

Conclusion

Strigolactones have been identified in 1960s but their physiological role in plants have been receiving attention recently (Cook et al., 1966; Umehara et al., 2008). Various physiological effects such as; crosstalk with auxin, hyphal growth of mycorrhizal fungi, response to soil nitrogen and phosphate, branching inhibition of axillary buds in plants, accelerated senescence in plant leaves, have been reported in many plants including *Arabidopsis*, rice, petunia and so on, and strigolactones are considered a new plant hormones. Analogs of plant hormones are widely used in horticultural industry in order to induce adventitious root formation in cuttings, differentiation, redifferentiation,

and dedifferentiation in tissue culture and inhibitors of hormones are applied to improve shelf life of cut flowers, fruits, etc. On the other hand, few reports can be found that make an attempt in order to control growth and development of horticultural plants. Therefore, if the role of strigolactone is known better, it will be possible to develop application technique using strigolactones, analogs, or inhibitors in order to improve marketability of horticultural plants not only by controlling branching of axillary buds but also by inhibiting ethylene biosynthesis.

References

- Ada N-L, Kagan S, Ovadia R, Forrer I, Riov J and Michal O-S (2013) Effects of temperature and auxin treatment on fruit set and pigmentation of *Dodonaea* 'Dana'. *Scientia Horticulturae* 160: 172-176.
- Akiyama K, Matsuzaki K and Hayashi H (2005) Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature* 435: 824-827.
- Alder A, Jamil M, Marzorati M, Bruno M, Vermathen M, Bigler P, Ghisla S, Bouwmeester H, Beyer P and Al-Babili S (2012) The Path from β -Carotene to carlactone, a strigolactone-like plant hormone. *Science* 335: 1348-1351.
- Arite T, Iwata H, Ohshima K, Maekawa M, Nakajima M, Kojima M, Sakakibara H and Kyoizuka J (2007) *DWARF10*, an *RMS1/MAX4/DAD1* ortholog, controls lateral bud outgrowth in rice. *Plant Journal* 51: 1019-1029.
- Arite T, Umehara M, Ishikawa S, Hanada A, Maekawa M, Yamaguchi S and Kyoizuka J (2009) *d14*, a Strigolactone-insensitive mutant of rice, shows an accelerated outgrowth of tillers. *Plant and Cell Physiology* 50: 1416-1424.
- Beveridge CA and Kyoizuka J (2010) New genes in the strigolactone-related shoot branching pathway. *Current Opinion in Plant Biology* 13: 34-39.
- Beveridge CA, Ross JJ and Murfet IC (1994) Branching mutant *rms-2* in *Pisum sativum* (grafting studies and endogenous indole-3-acetic acid levels). *Plant Physiology* 104: 953-959.
- Beveridge CA, Symons GM, Turnbull CGN (2000) Auxin inhibition of decapitation-induced branching is dependent on graft-transmissible signals regulated by genes *Rms1* and *Rms2*. *Plant Physiology* 123: 689-698.
- Booker J, Auldridge M, Wills S, McCarty D, Klee H and Leyser O (2004) MAX3/CCD7 is a carotenoid cleavage dioxygenase required for the synthesis of a novel plant signaling molecule. *Current Biology* 14: 1232-1238.
- Chen SS and Chang JL (1972) Does Gibberellic

- acid stimulate seed germination via amylase synthesis? *Plant physiology* 49:441-442.
- Cook CE, Whichard LP, Turner B, Wall ME, and Egley GH (1966) Germination of witchweed (*Striga lutea* Lour.): isolation and properties of a potent stimulant. *Science* 154: 1189–1190.
- Cook CE, Whichard LP, Wall ME, Egley GH, Coggon P, Luhan PA and McPhail AT (1972) Germination stimulants. II. The structure of strigol– a potent seed germination stimulant for witchweed (*Striga lutea* Lour.). *Journal of the American Chemistry Society* 94: 6198–6199.
- de Jong M, Mariani C and Vriezen WH (2009) The role of auxin and gibberellin in tomato fruit set. *Journal of Experimental Botany* 60: 1523-1532.
- Divin RS, Moghadam EG and Kiani M (2011) Rooting response of hardwood cuttings of MM111 apple clonal rootstock to indolebutyric acid and rooting media. *Asian Journal of Applied Sciences* 4: 453-458.
- Egana FE, Maxwellb BD, Mortensena DA, Ryana MR and Smithc RG (2011) 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)–resistant crops and the potential for evolution of 2,4-D–resistant weeds. *Proceedings of the National Academy of Science* 108: E37.
- Gomez-Roldan V, Fermas S, Brewer PB, Puech-Pages V, Dun EA, Pillot J-P, Letisse F, Matusova R, Danoun S, Portais J-C, Bouwmeester H, Becard G, Beveridge CA, Rameau C and Rochange SF (2008) Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature* 455: 189-194.
- Ha CV, Leyva-González MA, Osakabe Y, Tran UT, Nishiyama R, Watanabe Y, Tanaka M, Seki M, Yamaguchi S, Dong NV, Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K, Herrera-Estrella L and Tran L-SP (2014) Positive regulatory role of strigolactone in plant responses to drought and salt stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 851-856.
- Ishikawa S, Maekawa M, Arite T, Onishi K, Takamura I and Kozuka J (2005) Suppression of tiller bud activity in tillering dwarf mutants of rice. *Plant and Cell Physiology* 46: 79-86.
- Jiang L, Liu X, Xiong G, Liu H, Chen F, Wang L, Meng X, Liu G, Yu H, Yuan Y, Yi W, Zhao L, Ma H, He Y, Wu Z, Melcher K, Qian Q, Xu HE, Wang Y and Li J (2013) DWARF 53 acts as a repressor of strigolactone signalling in rice. *Nature* 504: 401-405.
- Karakurt H, Aslantas R, Ozkan G and Guleryuz M (2009) Effect of indole-3-butyric acid (IBA), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and carbohydrates on rooting of hardwood cutting of MM106 apple rootstock. *African Journal of Agricultural Research* 4: 60-64.
- Kohlen W, Charnikhova T, Bours R, López-Ráez JA and Bouwmeester H (2013) Tomato strigolactones. *Plant Signaling & Behavior* 8: e22785.
- Kohlen W, Charnikhova T, Liu Q, Bours R, Domagalska MA, Beguerie S, Verstappen F, Leyser O, Bouwmeester H and Ruyter-Spira C (2011) Strigolactones are transported through the xylem and play a key role in shoot architectural response to phosphate deficiency in nonarbuscular mycorrhizal host *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 155: 974-987.
- Martínez GA, Chaves AR and Añón MC (1994) Effect of gibberellic acid on ripening of strawberry fruits (*Fragaria annanassa* Duch.). *Journal of Plant Growth Regulation* 13: 87-91.
- Matusova R, Rani K, Verstappen FWA, Franssen MCR, Beale MH and Bouwmeester HJ (2005) The strigolactone germination stimulants of the plant-parasitic *Striga* and *Orobanch* spp. are derived from the carotenoid pathway. *Plant Physiology* 139: 920-934.
- Paliyath G, Murr DP, Handa AK and Lurie S (2008) Postharvest biology and technology of fruits, vegetables. Wiley-Blackwell Publishing. Iowa. pp1-7.
- Rasmussen A, Beveridge CA and Geelen D (2012a) Inhibition of strigolactones promotes adventitious root formation. *Plant Signal Behavior* 7: 694-697.
- Rasmussen A, Mason MG, De Cuyper C, Brewer PB, Herold S, Agusti J, Geelen D, Greb T, Goormachtig S, Beeckman T and Beveridge CA (2012b) Strigolactones suppress adventitious rooting in *Arabidopsis* and pea. *Plant Physiology* 158: 1976-1987.
- Schulz B and Segobye K (2016) 2,4-D transport and herbicide resistance in weeds. *Journal of Experimental Botany* 67: 3177-3179.
- Siame BP, Weerasuriya Y, Wood K, Ejeta G and Butler LG (1993) Isolation of strigol, a germination stimulant for *Striga asiatica*, from host plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41: 1486–1491.
- Sorefan K, Booker J, Haurogné K, Goussot M, Bainbridge K, Foo E, Chatfield S, Ward S, Beveridge C, Rameau C and Leyser O (2003) *MAX4* and *RMS1* are orthologous dioxygenase-like genes that regulate shoot branching in *Arabidopsis* and pea. *Genes & Development* 17: 1469-1474.
- Stirnberg P, van de Sande K, Leyser HMO (2002) *MAX1* and *MAX2* control shoot lateral branching in *Arabidopsis*. *Development* 129: 1131-1141.
- Su L, Diretto G, Purgatto E, Danoun S, Zouine M, Li Z, Roustan JP, Bouzayen M, Giuliano G and Chervin C (2015) Carotenoid accumulation during tomato fruit ripening is modulated by the auxin-ethylene balance. *BMC Plant Biol* 15: 114.
- Ueda H, Kusaba M (2015) Strigolactone regulates leaf senescence in concert with ethylene in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 169: 138-147.
- Umehara M, Hanada A, Yoshida S, Akiyama K, Arite T, Takeda-Kamiya N, Magome H, Kamiya Y, Shirasu K, Yoneyama K, Kozuka J and Yamaguchi S (2008) Inhibition of shoot branching by new terpenoid plant hormones. *Nature* 455: 195-200.
- Vendrell M (1969) Acceleration and delay of ripening in banana fruit tissue by gibberellic acid. *Australian Journal of biological Sciences* 23:553-

559.

- Wang KL-C, Li H and Ecker JR (2002) Ethylene biosynthesis and signaling networks. *Plant Cell* 14: S131-S151.
- Watanabe M, Segawa H, Murakami M, Sagawa S and Komori S (2008) Effects of plant growth regulators on fruit set and fruit shape of parthenocarpic apple fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Sciences* 77: 350-357.
- Xie X, Yoneyama K and Yoneyama K (2010) The Strigolactone story. *In* VanAlfen NK, Bruening G, Leach JE, eds, *Annual review of phytopathology* 48:93-117.
- Yamaguchi S and Kamiya Y (2001) Gibberellins and light-stimulated seed germination. *Journal of Plant Growth Regulation* 20: 369-376.
- Zhu C, Bai C, Sanahuja G, Yuan D, Farré G, Naqvi S, Shi L, Capell T and Christou P (2010) The regulation of carotenoid pigmentation in flowers. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 504: 132-141.
- Zou J, Chen Z, Zhang S, Zhang W, Jiang G, Zhao X, Zhai W, Pan X and Zhu L (2005) Characterizations and fine mapping of a mutant gene for high tillering and dwarf in rice (*Oryza sativa* L.). *Planta* 222: 604-612.
- Zou J, Zhang S, Zhang W, Li G, Chen Z, Zhai W, Zhao X, Pan X, Xie Q and Zhu L (2006) The rice *HIGH-TILLERING DWARF1* encoding an ortholog of *Arabidopsis* MAX3 is required for negative regulation of the outgrowth of axillary buds. *Plant Journal* 48: 687-698.

技術報告

UAVによる空中写真測量技術を用いた河床形状測量における 精度検証

－東河内沢本川における事例－

上治雄介^{1*}・山川陽祐^{1,2}

¹ 筑波大学農林技術センター井川演習林
428-0504 静岡県静岡市葵区井川1621-2

² 筑波大学生命環境系
305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

要 旨

山地河川において河床形状測量を行う上で無人航空機(UAV)および多視点ステレオ写真測量(SfM)を組み合わせた手法(UAV-SfM手法)によって作成される数値表面モデル(DSM)およびオルソ画像の精度を、全地球測位衛星システム(GNSS)およびレーザー距離計を用いた実測値との比較により検証した。GNSSを用いて測量した地上基準点(GCP)を真値としてオルソ画像から読み取った推定値との差分を平均二乗誤差(RMSE)で表すと緯度方向で0.036 m、経度方向で0.039 m、標高方向で0.045 m、3方向で0.070 mであった。レーザー距離計を用いて測量した検証点では同様に緯度方向で0.03 m、経度方向で0.05 m、標高方向で0.06 m、3方向で0.09 mであった。平野部におけるUAV-SfM手法を用いた先行研究と同程度の精度が得られ、本手法が山地河川の河床形状測量にも十分に有効な手法であることが示された。

キーワード：河床変動、山地河川、多視点ステレオ写真測量(SfM)、無人航空機 (UAV)

緒 言

山地河川における土砂移動は、流量や河床勾配の条件に加え、それ以前の土砂移動によって形成された土砂堆積の影響を大きく受けるために非常に複雑な現象であり、未解明な部分が多い。山地河川における土砂移動現象の実態を把握するためには、洪水時および平水時に生じる侵食・堆積によって時間的・空間的に変動する河床形状を捉える必要がある。

河床形状を把握する上で最も基本的な手法は縦・横断測量であろう。砂田(1985)は台風の前に行った横断測量によって洪水時における河床変動特性の把握を試みた。眞板(1989)は溪流において1980～1985年までに計9回行った縦・

横断測量によって、山腹の斜面から生産された土砂が一度には下流へ運搬されず、一時的に河床に滞留することを示した。この他に航空写真から洪水前後の河床変動を読み取った既往研究(釣谷・五十嵐1971、中山ら1967)がある。これらは測量に用いる道具あるいは材料の違いであって、測線上にある地形変化点間の距離と比高を計測するという点で同じである。

近年、主流となったのがレーザープロファイラ地形測量技術による航空レーザー測量である。航空機に搭載したレーザープロファイラによって地上の形状を計測する手法であり、植生などの影響を除去して地表面の計測が可能である。測量成果はメッシュと呼ばれる等間隔の格子からなり、格子ごとに河床の標高が与えられ

*連絡者: 上治雄介 筑波大学農林技術センター井川演習林
静岡県静岡市葵区井川1621-2
E-mail: ueji.yusuke.fn@un.tsukuba.ac.jp

る(数値標高モデル、Digital Elevation Model、以下DEMと略する)。縦・横断測量では困難であった面の情報を持つことが大きな特徴の一つである。中村ら(2006)、吉田ら(2015)は同一河川に対し横断測量と航空レーザー測量を行い、従来の横断測量に比べて土砂移動による河床部の変動を高精度に再現している。なお、メッシュサイズはそれぞれ1~1.5 mと0.5 mである。

このように航空レーザー測量は優れた手法であるが、1回あたりの測量が高額なため高頻度に測量することが容易ではない。そこで注目されてきたのが無人航空機(Unmanned aerial vehicle、以下UAVと略する。通称ドローン)による空撮と多視点ステレオ写真測量(Structure from Motion、以下SfMと略する)技術による数値表面モデル(Digital Surface Model、以下DSMと略する)の作成技術である。DEMは樹木や建築物があってもそれらを除いた地表面の形状を表すのに対して、DSMは樹木や建築物がある場合にはそれらの表面を表している。小花和ら(2014a)は従来の航空測量を比較した時の利点について、非常に低コストで運用できることを挙げている。初期投資としてUAV本体と解析用ソフトおよびPCが必要だが、その後の運用コストはほとんどがUAV用バッテリーと解析用PCの電気代である。また、UAVは小型のため運搬が容易で現場における機動性が高い。この機動性を活かして土砂崩れが発生した現場において迅速に災害状況を把握するために用いられた例もある(木下ら2013)。通常、土砂災害後は二次崩落の恐れがあるため人間が近づくことは危険であるが、UAVは容易に調査ができるため初期調査には有用な方法であろう。その他に、高解像度かつ高密度データが得られるとし、内山ら(2014)は新規崩壊地においてUAVが撮影した画像をSfMで解析することで0.09 mメッシュの高解像度DSMおよび地上解像度0.02 mのオルソ画像を作成している。国土地理院が発行している5 mメッシュのDEMと比較して、崩壊跡地の表面が細かく観察できることから崩壊時の土砂移動について考察している。

このようにUAVとSfMの組み合わせによって作成される、安価で高解像度なDSMの普及が進んでいる。しかしDSMと実地形との間にどの程度誤差が含まれているのか先行研究が少なく知見が十分には得られていない。特に山岳地は地形が複雑で調査が困難なことから精度検証を目的とした先行研究が少ない。SfMは画像解析に

よる測量技術であり、作成されるDSMの精度は調査区の地形的特徴や撮影画像のオーバーラップ率、撮影高度、地上基準点(Ground Control Point、以下GCPと略する)の数・配置・座標値の測定精度、など多様な要素が関係している。これらの関係性を明らかにし、調査目的に合った手法の確立へ向けた技術の蓄積が必要である。

本研究はUAVとSfMによって作成されたDSMの精度検証を行い、山地河川における河床形状の測量手法としての適当性を検討した。

材料および方法

1 調査地の概要



図1 調査地の位置

調査地域は静岡県北部、大井川水系の支流である東河内沢の上流域に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林とした(図1)。本地域は中央構造線と糸魚川静岡構造線という日本の2大断層が交差する地域に位置することから岩盤は脆く、平均斜度35~40°と急峻な地形のため土砂生産が活発である。

2 GCPおよび検証点の測量

調査面積は東河内沢本流を囲う様に約1 ha、調査地の upstream と downstream の比高差は約30 mである。調査地内には砂防堰堤が4基と流路工が1基含まれており、この構造物上面にDSM作成に必要なGCPを15点設け、精度評価用の検証点として砂防堰堤間の河床にある比較的大きな自然石に対空標識を18点設置した(図2)。なお、GCP、検証点の実際の配置は砂防堰堤の大きさ、河床形状や流路の位置を考慮して調整しており図2のように均等ではない。GCPの配置は調査地を囲う様にすること、並びに近傍のGCPとの間隔が概ね100 m以内となることを標準とし(国土地理院2016)、この条件を満たすことに留意した。

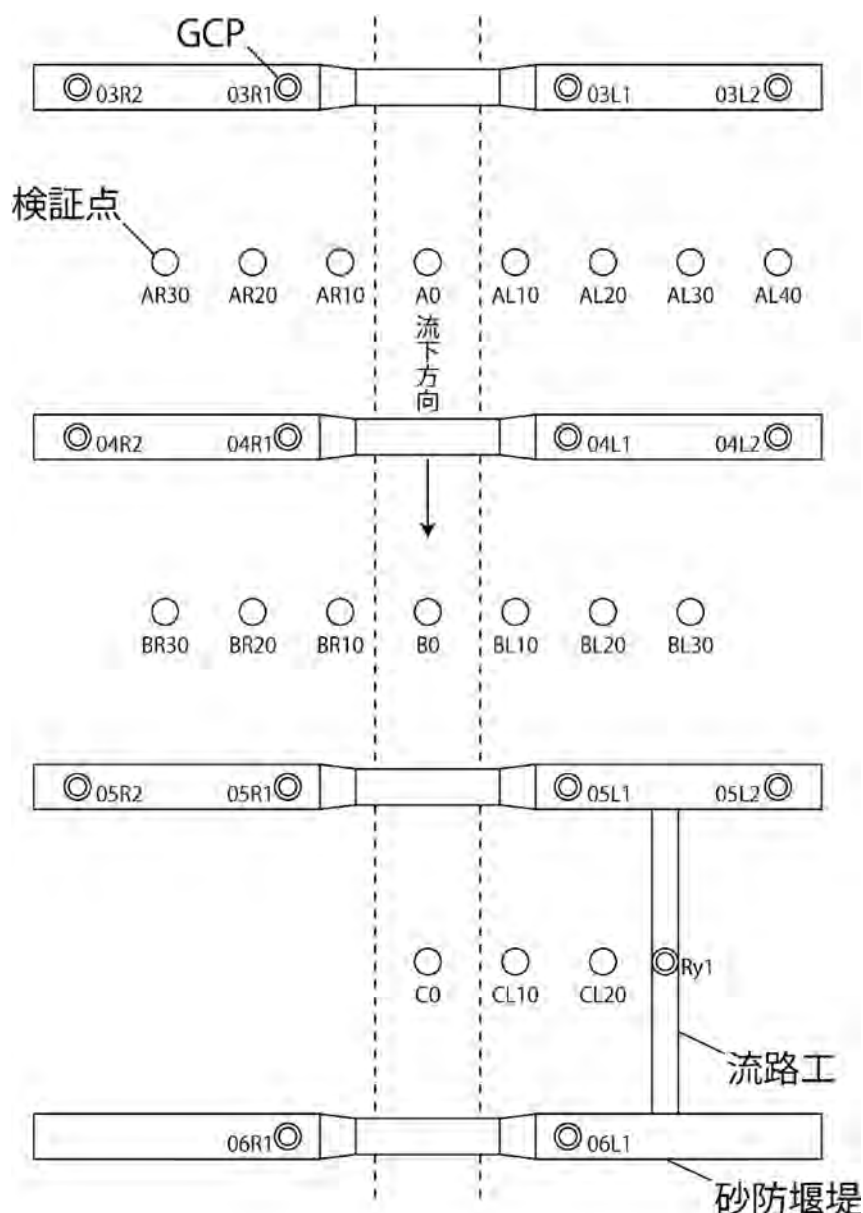


図2 砂防堰堤等構造物の位置およびGCP、検証点の配置の模式図



図3 GCPにおける対空標識

GCPおよび検証点にはスプレーペンキによって対空標識を設置した(図3)。

GCPの座標値は全地球測位衛星システム(Global Navigation Satellite System、以下GNSSと略する。ヘミスフィア社製A325)にてスタティック法で求めた。なお、衛星を用いた測位

システムとして良く知られている全地球測位システム(Global Positioning System、以下GPSと略する)はアメリカ合衆国が開発したGNSSの一種である。その後、国土地理院が提供する「電子基準点提供サービス」の情報を利用し、VGI Solutions社製EZSurv2.96によって後処理補正を行った。なお、GNSSの観測時間は1時間30分とした。観測時間の決定にあたっては事前に同一の点において観測時間を10分から3時間まで変えて17回計測し、1計測ごとに観測時間、座標値、標準偏差を記録した。なお、標準偏差は緯度(以下xと表す)、経度(以下yと表す)、標高(以下zと表す)それぞれについて記録した。結果は図4のようになり、1計測の観測時間が1時間30分を超えるあたりから標準偏差のばらつきが小さくなった。

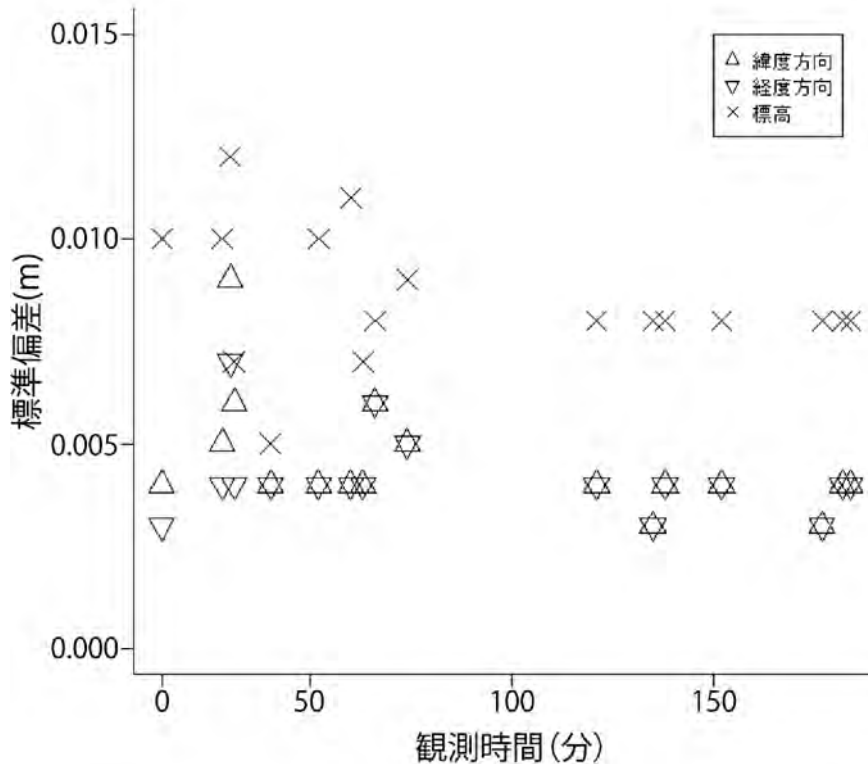


図4 GNSSによる観測時間別標準偏差

検証点の座標値は砂防堰堤上に設置したGCPを基準点としてレーザー距離計(Laser Technology社 製TruPulse200X、MAPSTAR TruAngle)を用いて求めた。計測は精度向上のため検証点1点につき全て異なる4つのGCPから1回ずつ計4回計測した。検証点における座標値(x、y、z)の最確値(X_0)は次式で求めた(長谷川・川端2014)。

$$X_0 = \frac{p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4} \quad \dots (1)$$

また、最確値の精度(σ_0)は次式で求めた。

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i v_i^2}{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (n-1)}} \quad \dots (2)$$

$$v_i = x_i - X_0 \quad \dots (3)$$

ここで、 p_i は重みを表し、各GCPから対象となる検証点までの水平距離の逆数である。 x_i は各GCPから測定した検証点の座標値である。 v_i は各検証点の座標値と最確値の残差である。 n は検証点の計測に用いたGCPの数なので、ここでは4である。

3 UAVによる空撮とDSMの作成

UAVはDJI社 製Phantom4を用い、SfMソフトはAgisoft社 製PhotoScan1.2.6とした。等高線の作成、その他の解析はEsri社 製ArcGIS for Desktopを構成するソフトの1つであるArcMap10.0を使用した。

DSMおよびオルソ画像の地上分解能はUAVの撮影高度が上がる(下がる)につれて粗く(細く)なる。このため、UAVの操縦者はDSMおよびオルソ画像の利用者が求める地上分解能に基づいて撮影高度を決定し、UAVを飛行させなければならない。撮影高度は次式により求めることができる(国土地理院2016)。

$$\text{撮影高度(m)} = \frac{\text{地上分解能(m)}}{\frac{\text{使用カメラの1画素あたりのサイズ(m)}}{\text{焦点距離(m)}}} \quad \dots (4)$$

ここで、地上分解能とは、DSMを形成する各格子の一片の長さを表す。使用カメラの1画素あたりのサイズは、イメージセンサー(外界からの情報(光)を取り入れて電気信号に変換する半導体)を形成する各画素の一片の長さを表す。焦点距離とは、カメラのレンズとイメージセンサーとの距離を表す。なお、デジタルカメラの焦点距離表記は、従来のフィルムカメラを基準とした「35 mm換算」となっている場合があるが、ここでは実焦点距離を用いる。

撮影間隔は当初、専用アプリ「DJI Go」で設定できる最短間隔5秒であったが、作業効率とオーバーラップ率を考慮した結果、途中から1秒間隔を目安に手動でシャッターを切った。カメラアングルは通常真下に向けるが、樹木の枝によって河床が撮影できない範囲があった。こ

のような場合に限りカメラアングルを斜めに傾け撮影した。DSMおよびオルソ画像の品質を均一にするためには撮影画像のオーバーラップ率を均一にすることが重要である(早坂ら2015)。これにはUAVをあらかじめプログラミングした航路で飛ばすオートパイロット機能が有効だが、本調査地は谷が深くオートパイロット機能に不可欠なGPSの測位数が安定しない。また、撮影範囲が河床を網羅するには樹木に近づかなければならない場合もあり、オートパイロット機能は使用せず手で飛行させた。

PhotoScanによるDSMの作成にあたっては可能な限り地上分解能を小さくするため精度に関するパラメーターを原則「最高」とした。PhotoScanではステレオペア写真に共通する特徴点を抽出する上限値を指定できるが、今回は「0」とし上限値を設けなかった。その他のオプションの設定はPhotoScanが推奨するものを選択した。PhotoScanにはUAVで撮影した画像の品質を推定するコマンドがあり、品質は0~1で表され1に近いほど高品質な画像と評価される。品質が0.8を下回ると画像のブレが肉眼でも認識できるため、0.8未満の画像を全て削除した。

解析に用いたPCの諸元を表1に示す。画像解析には膨大な演算が必要になるためCPUやRAMは可能な限り高性能なものを選択した。

表1 解析用PCの諸元

OS	Windows10 Pro
CPU	インテル® Core™ i7-6700 (3.4GHz)
RAM	64GB PC4-2133 DDR4 SDRAM
グラフィックカード	NVIDIA® GeForce® GTX™ 960 2GB
補助記憶装置	256GB シリアルATA 600MB/s対応SSD

PhotoScanは一部の演算にGPUを使用して処理を高速化することができるため、GPUも高性能なものを用意した。補助記憶装置にはアクセス速度を優先し、HDDではなくSSDを選択した。

4 SfMにより作成されたDSMおよびオルソ画像の精度評価

DSMおよびオルソ画像の精度評価は、まずGCPにおいてはGNSSで計測した値を真値として、オルソ画像上に写るGCPの座標値をArcMapから読み取り、各点の差分を求める。

検証点においても同様にレーザー距離計で計測した値を真値として、オルソ画像上に写る検証点の座標値をArcMapから読み取り、各点の差分を求める。次に、差分を取っただけでは精度を示す指標としては不十分なので、平均二乗誤差(Root Mean Squared Error、以下RMSEと略する)を求めDSMおよびオルソ画像の精度とする。RMSEは次式により求めることができる。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X_i)^2}{n}} \dots (5)$$

ここで、 x_i はオルソ画像から読み取った座標値(x、y、z)で、 X_i はGNSSまたはレーザー距離計で計測した値(x、y、z)である。 n はGCPまたは検証点の総数である。

ステレオペア写真から自動抽出された特徴点の点群密度を図化し、点群密度と撮影時のカメラ位置との関連を検討する。点群密度の図化にはArcMapの「カーネル密度」を用いた。なお、パラメーターは初期値のままとした。

結果と考察

1 UAVによる空撮

約1 haの調査地を30分かけて514枚の画像を撮影した。撮影日は安全性を確保するため筆者ら以外には調査区付近に他の業務従事者がいない日を選択した。

撮影高度を式(4)より求める。まず、地上分解能はDSM利用者の用途に応じて決定されるので、ここでは次のように仮定する。

$$\text{地上分解能} = 0.01(\text{m}) \dots (6)$$

次に、焦点距離を求める。UAV搭載カメラの諸元は表2のとおりである。式(4)に用いる焦点距離は実焦点距離であるが、UAVの取扱説明書

表2 UAV (Phantom4) 搭載カメラの仕様

イメージセンサー	1/2.3型
有効画素数	12 Mピクセル
レンズ	FOV94° 20 mm (35 mm換算) f/2.8、 ∞フォーカス

表3 1/2.3型イメージセンサー搭載コンパクトデジタルカメラの実焦点距離と35 mm換算焦点距離の例

商品名	実焦点距離	35 mm換算焦点距離
Canon IXY650	4.5-54.0 mm	25-300 mm
Nikon COOLPIX S9900	4.5-135 mm	25-750 mm
Olympus STYLUS TG-4 Tough	4.5-18 mm	25-100 mm

や製造元のWEBサイトには35 mm換算した値しか掲載されていなかったため、実焦点距離を計算する必要がある。表3にはUAVのカメラと同じ1/2.3型のイメージセンサーを搭載したコンパクトデジタルカメラの実焦点距離と35 mm換算された焦点距離の例を示す。なお、1/2.3型とはイメージセンサーのサイズを表している。いずれのデジタルカメラも35 mm換算した焦点距離を実焦点距離で除すると約5.6となることから、UAVに搭載されているカメラの実焦点距離は次のようになる。

$$\text{焦点距離} = \frac{20}{5.6} \approx 3.6 \text{ (mm)} \cdots (7)$$

さらに、使用カメラの1画素あたりのサイズを求める。実焦点距離同様にイメージセンサーの各辺の長さを5.6で除すことで求められる。ただし、35 mm(フルサイズ)と1/2.3型イメージセンサーは縦横比がそれぞれ3:2と4:3と異なるので対角線長を5.6で除する形で換算する。すなわち、フルサイズにおけるイメージセンサーの大きさは縦24 mm、横36 mm、対角線長43 mmであることから、1/2.3型イメージセンサーの対角線長は7.7 mmであり、縦は4.6 mm、横は6.2 mmと求められる。有効画素数は表2より12 Mピクセルなので、使用カメラの1画素あたりのサ

イズは次のようになる。

$$\text{使用カメラの1画素あたりのサイズ} = \sqrt{\frac{4.6 \cdot 6.2}{12 \cdot 10^6}} \approx 0.0015 \text{ (mm)} \cdots (8)$$

撮影高度を式(6)、(7)、(8)によって求めた値を用いて式(4)より求める。

$$\text{撮影高度} = \frac{0.01}{0.0000015} \cdot 0.0036 = 24 \text{ (m)}$$

PhotoScanより各画像の撮影時におけるカメラの推定高度を求め、後に作成するDSMとの差分を取ったところ、実際の撮影高度は14 m前後

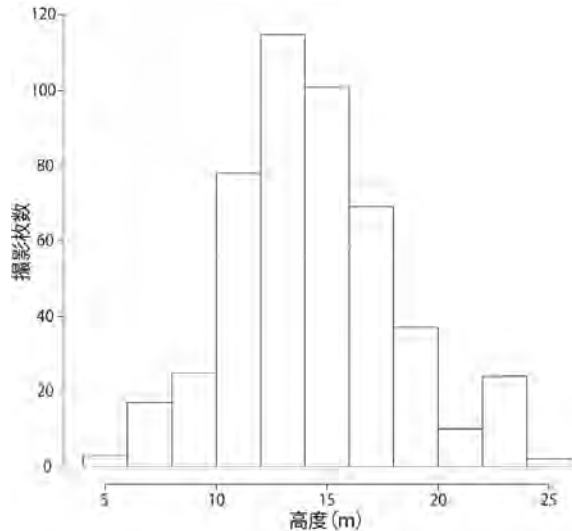


図5 UAVによる飛行高度別撮影枚数 (n=481)



図6 画像撮影時におけるUAVの水平位置図

であった(図5)。

撮影時のUAV水平位置を図6に示す。撮影は図右上から左下に向かって蛇行しながら行った。調査区の左上および左下に未撮影の空白が目立つ。ここは樹木が茂っているため近づけなかった場所である。当初は5秒間隔のインターバル撮影していたため撮影位置同士に距離があるが、後半は手動でシャッターを切ったため撮影位置が近く画像のオーバーラップ率が高くなっていることがわかる。また、撮影コースの間隔も前半より後半が狭くサイドラップ率も高くなっている。撮影高度やオーバーおよびサイドラップ率のばらつきはDSMの精度にも影響を与えるため、操縦者は技術向上に努めなければならぬ。

2 SfMによるDSMおよびオルソ画像の作成

PhotoScanによって撮影画像の品質を確認したところ、品質が0.8を下回る画像が30枚確認された。DSMおよびオルソ画像の作成にあたってはこれらを除いた484枚で実施した。

図7にPhotoScanによってステレオペア写真

から自動抽出された特徴点の点群密度を示す。濃色部分で点群密度が高く、淡色部は点群密度が低いことを表している。点群密度は図7の下側、次いで上側で高くなるが、中間では最も点群密度が薄く、ばらつきが見られる。図7中の点は図6と同じく画像撮影時におけるUAVの水平位置を示しており、画像枚数が多いエリアは特徴点の点群密度が高いという関係性がうかがえた。

PhotoScanによって作成したDSMとオルソ画像を図8、9に示す。撮影高度が想定より低くなったため、地上分解能は計画より細かい約0.006 mとなった。ほとんどの場所でDSMを得ることができたが、植生の一部や河川のうちはっきりとした落差がある部分では特徴点が得られず、DSMは周囲の特徴点から内挿して作成した。

DSMの左側(右岸側)にところどころ標高が急に高くなっている部分が散見される。現地を確認すると、DSM作成前にPhotoScan上で除去しきれなかった枝を再現したためと判断できた。オルソ画像においても同様の場所は枝が再現さ

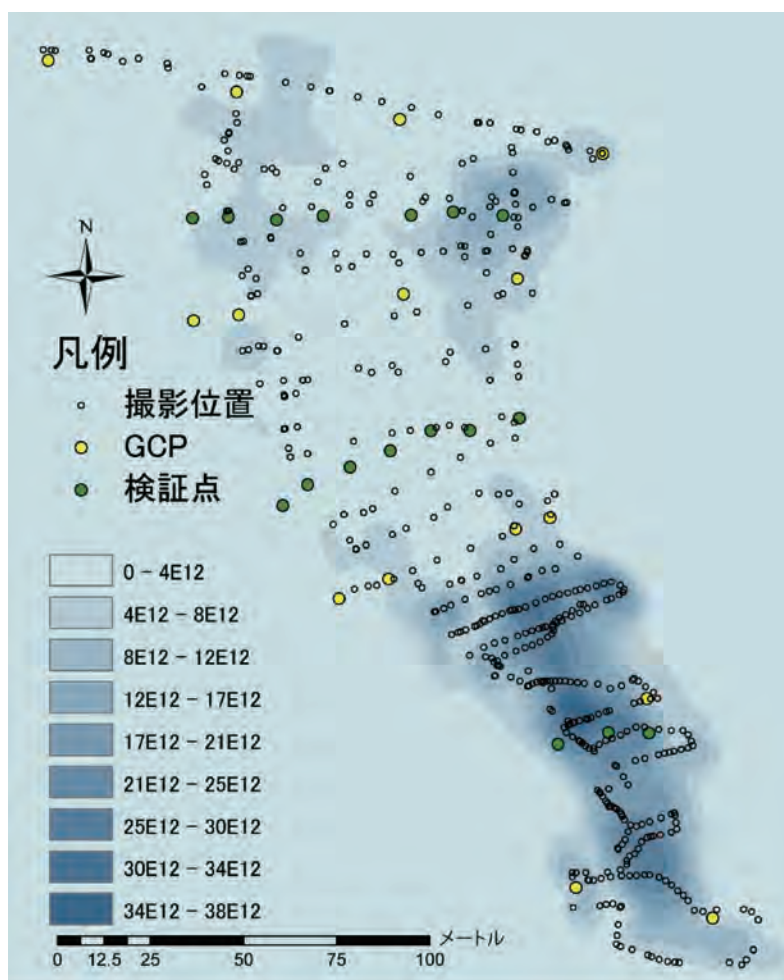


図7 ステレオペア写真から自動抽出された特徴点の点群密度

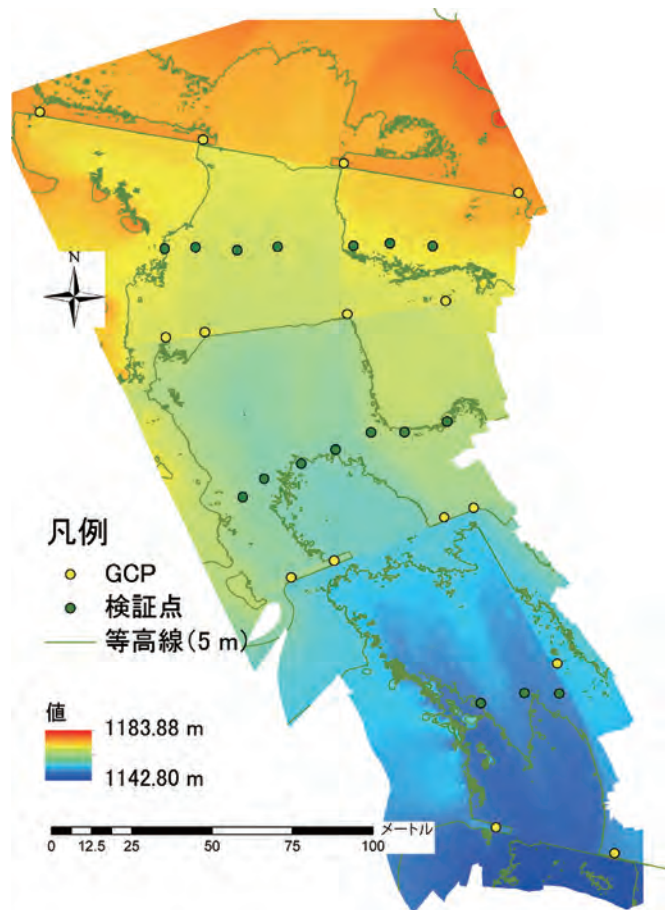


図8 SfMによって作成したDSM

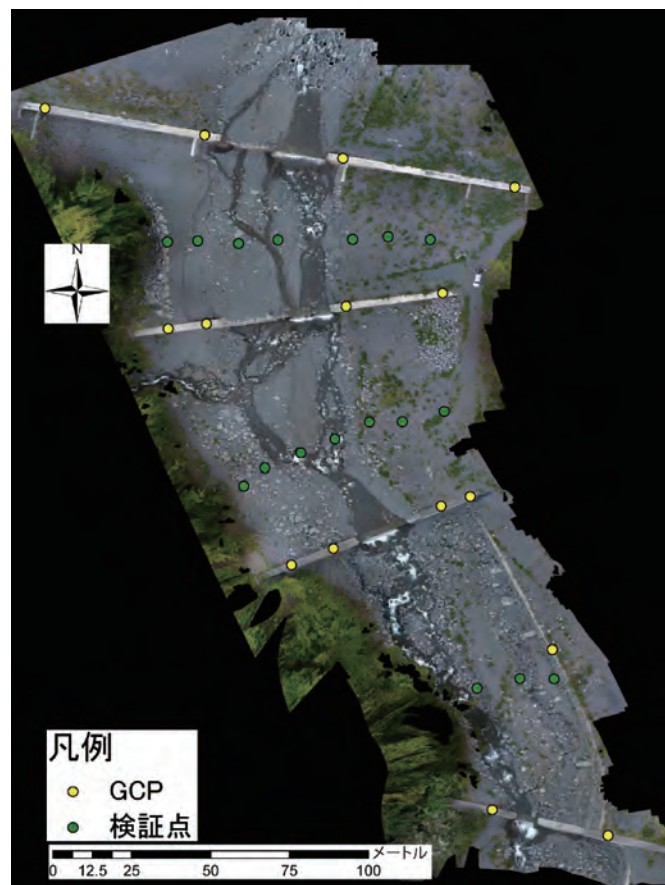


図9 SfMによって作成したオルソ画像

れており河床の様子を見ることができなかった。今回の調査地において、このように障害となる枝を撮影しないようにUAVを操縦することは困難であった。PhotoScanによるDSMの作成はある画像から抽出した特徴点とその画像にオーバーラップした画像から抽出した特徴点のうち、二画像の中で同一の場所を示す特徴点の点群データを基に行われる。この点群データの状態で河床を覆う枝を表すポイントデータを除去する必要がある。

3 GCPおよび検証点における実測値とオルソ画像による推定値の差について

GNSSで計測したGCPの座標値とオルソ画像から読み取ったGCPの推定座標値の差分を表4に、GNSSによるGCP実測値の標準偏差を表5示す。両者を比較するとx、y方向は標準偏差(表5の結果)より実測値と推定値の差分(表4の結果)の方が値は明らかに大きいので、この差分にはDSM作成過程で生じた誤差が主に影響していると考えられた。z方向は差分のばらつきが大きくDSM作成過程の誤差とGNSSの計測精度双方が関係していると考えられた。GNSSで計測した座標値を真値としてオルソ画像から読み取った座標値との差をRMSEで表すとx方向で0.036 m、y方向で0.039 m、z方向で0.045 m、3方向では0.070 mであった。

表4 GCPにおけるGNSS実測値とオルソ画像上の推定値との差分

GCP測点名	単位：m			
	x	y	z	$\sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$
03L1	0.063	-0.021	-0.026	0.072
03L2	0.027	0.071	-0.012	0.077
03R1	0.041	-0.026	-0.013	0.051
03R2	-0.029	0.052	0.029	0.066
04L1	0.028	-0.013	-0.009	0.032
04L2	-0.013	-0.022	0.107	0.110
04R1	-0.008	0.010	0.027	0.030
04R2	0.041	-0.071	-0.066	0.106
05L1	-0.001	-0.023	-0.087	0.090
05L2	-0.009	-0.046	-0.038	0.060
05R1	-0.034	0.001	-0.018	0.039
05R2	-0.054	0.005	-0.002	0.055
06L2	0.060	-0.056	0.026	0.086
06R1	0.028	0.046	0.007	0.055
Ry1	-0.032	0.020	0.041	0.056

表5 GNSSによるGCP測量時の標準偏差

GCP測点名	単位：m		
	x	y	z
03L1	0.005	0.005	0.012
03L2	0.005	0.006	0.013
03R1	0.005	0.005	0.013
03R2	0.008	0.006	0.017
04L1	0.005	0.006	0.015
04L2	0.005	0.006	0.010
04R1	0.006	0.007	0.014
04R2	0.005	0.006	0.014
05L1	0.006	0.006	0.016
05L2	0.005	0.006	0.010
05R1	0.005	0.007	0.014
05R2	0.009	0.005	0.019
06L1	0.005	0.005	0.010
06R1	0.005	0.006	0.015
Ry1	0.005	0.007	0.012

レーザー距離計で計測した検証点の座標値とオルソ画像から読み取った検証点の推定座標値の差分を表6に、レーザー距離計による検証点実測値の標準偏差を表7に示す。なお、検証点のうちAL10はオルソ画像上では歪んでおり認識できなかったため対象から外した。これは対空標識を付けた自然石が小さかったことが原因と考えられる。両者を比較すると明らかな差はなく、誤差の原因は計測によるものかDSM作成過程によるものか不明である。検証点17点のRMSEはx方向で0.03 m、y方向で0.05 m、z方向で0.06 m、3方向では0.09 mであった。

表6 検証点におけるレーザー距離計実測値とオルソ画像上の推定値との差分

検証点名	単位：m			
	x	y	z	$\sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$
AL40	-0.06	0.04	0.06	0.10
AL30	-0.03	0.03	0.04	0.06
AL20	-0.03	0.04	0.02	0.05
A0	-0.04	0.04	0.02	0.06
AR10	-0.03	0.01	0.01	0.03
AR20	-0.02	0.05	0.00	0.06
AR30	0.03	-0.02	0.16	0.17
BL30	-0.06	-0.01	-0.03	0.07
BL20	-0.04	0.02	-0.08	0.09
BL10	-0.03	-0.02	-0.03	0.05
B0	0.00	-0.04	-0.03	0.05
BR10	0.00	-0.05	-0.06	0.08
BR20	-0.04	-0.07	-0.11	0.14
BR30	0.00	-0.15	-0.05	0.16
CL20	-0.02	0.07	-0.02	0.07
CL10	-0.04	0.04	0.01	0.05
C0	0.00	0.03	-0.05	0.06

表7 レーザー距離計による検証点測量時の標準偏差
単位：m

GCP測点名	x	y	z
AL40	0.09	0.06	0.03
AL30	0.08	0.06	0.03
AL20	0.03	0.03	0.02
A0	0.03	0.04	0.01
AR10	0.03	0.05	0.04
AR20	0.03	0.03	0.04
AR30	0.06	0.03	0.03
BL30	0.08	0.04	0.03
BL20	0.06	0.02	0.04
BL10	0.07	0.04	0.02
B0	0.06	0.04	0.01
BR10	0.07	0.03	0.01
BR20	0.06	0.03	0.02
BR30	0.07	0.05	0.02
CL20	0.02	0.04	0.01
CL10	0.03	0.03	0.03
C0	0.03	0.04	0.02

先行研究では、測量精度について次のような成果を得ている。早坂ら(2015)は精度検証のためDSM作成用の基準点の他に検証点を設け、GNSSあるいはトータルステーションを用いて、高精度の座標値を得た。その後、実測により得た検証点の座標値を真値としてオルソ画像から読み取った検証点の座標値と比較してRMSEを求めたところ、水平方向は約4 cm、垂直方向は約8 cmという精度を得ている。小花和ら(2014b)は同一の調査区をUAVまたは地上レーザースキャナで測量し、地上レーザースキャナによって得た点群データを真値とした時にUAVから得た点群データとの差分は約10 cm以内としている。これら先行研究と本研究の精度は単位が異なるため単純比較はできないが、概ね同程度の精度を得ることができたと考えられた。

これらのことからUAVおよびSfMにより作成されるDSMおよびオルソ画像は、複雑な山地河川における河床形状測量としても十分に有効な手法であると考えられた。

まとめ

山地河川における河床形状測量の手法としてUAVおよびSfM(UAV-SfM手法)によって作成されるDSMおよびオルソ画像の精度の検証を、GNSSおよびレーザー距離計を用いた実測値との比較により行った。DSMとオルソ画像はGNSSおよびレーザー距離計を用いた測量結果

との間にRMSEで最大0.09 mの誤差が生じていることが分かった。今後、本研究と同一の手法により作成されたDSMを用いて河床変動等の解析を行う際は、この程度の誤差を含んでいることを念頭に考察しなければならない。

今後、UAVとSfMが作成するDSMおよびオルソ画像の用途は広がっていくと考えられる。本研究がその発展の一助になれば幸いである。

謝 辞

本研究を行うにあたり、関東森林管理局大井川治山センターには試験区の設定にご協力いただいた。また、筑波大学国際地縁技術開発科学専攻の経隆悠氏にはUAVやSfMの取り扱いについてご指導いただいた。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 長谷川昌弘、川端良和(2014)観測値の処理。大塚久雄、小川和博、住田英二、瀬良昌憲、林久資、藤本吟藏、道廣一利、武藤慎一。基礎測量学。株式会社電気書院、東京。pp40-43。
- 早坂寿人、大野裕幸、大塚力、関谷洋史、瀧繁幸(2015) UAVによる空撮写真を用いた三次元モデリングソフトウェアの精度検証。国土地理院時報 127：107-116。
- 国土地理院(2016)UAVを用いた公共測量マニュアル(案)。
http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/doc/uav_manual_160330.pdf(参照2016年10月25日)
- 木下篤彦、島田徹、笠原拓造、林栄明、名草一成、小川内良人、木村広和(2013)回転翼型マイクロUAVを用いた深層崩壊箇所の災害調査。砂防学会誌66-3：51-54。
- 眞板秀二(1989)大井川東河内実験渓流における溪床堆積地の動的变化。水利科学 187：28-51。
- 中村良光、椎葉秀作、柏原佳明、小川紀一郎(2006)航空レーザ計測を用いた土砂生産・流送域における河床変動状況。砂防学会誌59-4：54-57。
- 中山政一、今村遼平、川合恒孝、吉岡良朗(1967)河床変動調査における航空写真の利用—栃木県渡良瀬川上流三川地区を例として—。写真測量6-4：169-176。
- 小花和宏之、早川裕弐、ゴメス クリストファー (2014a) UAV空撮とSfMを用いたアクセス困難地の3Dモデリング。地形35-3：283-294。
- 小花和宏之、早川裕弐、齋藤仁、ゴメス クリストファー (2014b) UAV-SfM手法と地上レーザ測量により得られたDSMの比較。写真測量とリモートセンシング 53-2：67-74。
- 砂田恵吾(1985)釜無川(富士川)における一洪水による河床変動。土木学会論文集 363/Ⅱ-4：235-243。
- 釣谷義範、五十嵐武(1971)河床縦断形の変動—常願寺川の変動について—。第3回砂防学会シンポジウム 25-36。
- 内山庄一郎、井上公、鈴木比奈子(2014)SfMを用いた三

次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究. 防災科学技術研究所研究報告 81 : 37-60.

吉田俊康、横山貴宏、米田一也(2015)姫川における航空レーザー計測を活用した土砂動態の把握について. 平成27年度北陸地方整備局事業研究発表会.

<http://www.hrr.mlit.go.jp/library/happyoukai/h27/A/A03.pdf>(参照2016年10月27日)

Measurement Accuracy Verification of UAV-SfM Technique for River Bed Forms in a Mountain River Basin: A Case Study in Higashigouchi River

Yusuke UEJI ^{1*} and Yosuke YAMAKAWA ^{1, 2}

¹ Agricultural and Forestry Research Center Ikawa Forest, University of Tsukuba,
Ikawa 1621-2, Aoi, Shizuoka, 428-0504, Japan

² Faculty of Life and Environmental Science, University of Tsukuba,
Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan

Abstract

Accuracy of Digital Surface Model (DSM) with orthochromatic image for river bed forms in a mountain river basin by using Structure from Motion (SfM) technique based on photographs taken from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) was verified by comparing with topographic survey using GNSS (Global Navigation Satellite System) and laser range finder. The Root Mean Squared Error (RMSE) values taking the difference between Ground Control Points (GCPs) measured using GNSS and DSM were found as 0.036 m in latitude direction, 0.039 m in longitude direction, and 0.045 m in elevation: 0.007 m in oblique distance. The RMSE values taking the difference between surveying points measured using laser range finder and DSM were found as 0.03 m in latitude direction, 0.05 m in longitude direction, and 0.06 m in elevation: 0.09 m in oblique distance. These results with same surveying accuracy as in previous studies in plain areas indicated that the UAV-SfM technique is effective for measuring river bed forms in a mountain river basin.

Key words: Mountain River, Riverbed Variation, Structure from Motion (SfM), Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

*Corresponding Author: Yusuke UEJI Agricultural and Forestry Research Center Ikawa Forest, University of Tsukuba,
Ikawa 1621-2, Aoi, Shizuoka, 428-0504, Japan
E-mail: ueji.yusuke.fn@un.tsukuba.ac.jp

資料

筑波大学農林技術センター演習林気象報告 — 川上演習林気象観測データ(2015年) —

井波明宏*

筑波大学農林技術センターハケ岳演習林
384-1305 長野県南佐久郡南牧村野辺山462-4

はじめに

川上演習林では6要素(気温、湿度、雨量、日射量、風向、風速)について、気象観測を継続して行なっている。下記に観測場所、観測機器および観測データの取りまとめ方法を述べる。2015年は雨量計、日射計とロガーを結ぶ各配線コードに獣害とみられる断線が発生し、復旧までの間、データを欠測した。雨量は2015年1月1日から4月9日まで、日射量は1月27日から2月3日までデータの欠測期間がある。

1 観測場所

川上演習林
長野県南佐久郡川上村大字御所平字矢出川1841-4
東経138° 29' 59"、北緯35° 55' 10"、標高1,500m
※2002年測量法改正による世界測地系に基づく値

2 観測機器

データは表1のセンサーを用いて、データロガー(CR10, キャンベル, USA)に以下のとおり記録した。

3 気象月報取りまとめ方法

- (1) 日 界：24時
- (2) 気 温
最 高：当日の毎正時の最大値
最 低：当日の毎正時の最小値
日平均：当日毎正時の算術平均値
- (3) 相対湿度
最 大：当日の毎正時の最大値
最 小：当日の毎正時の最小値
日平均：当日毎正時の算術平均値
- (4) 降水量
当日の日合計値
- (5) 日射量
当日毎正時の合計値で、積算値はメガジュール(MJ/m²)
- (6) 風 向
当日毎正時の最多風向を16方位で表示
風向の表示C(calm)は静穏
- (7) 風 速
最 大：当日毎正時の最大値
日平均：当日毎正時の算術平均値

表1 観測項目と観測方法の一覧

項 目	観 測 方 法(観 測 機 械)	サンプル方法
気 温	温湿度センサー(CVS-HMP45Dクリマテック)	1時間平均
湿 度	温湿度センサー(CVS-HMP45Dクリマテック)	1時間平均
雨 量	ヒータ付転倒杵形雨量計(0.5mm転倒)	1時間積算
日 射 量	全天日射計(CPR-CM03クリマテック)	1時間平均
風 向・風 速	風車型風向風速計(CYG-5103クリマテック)	ベクトル平均

*連絡者：井波明宏 筑波大学農林技術センターハケ岳演習林
384-1305 長野県南佐久郡南牧村野辺山462-4
E-mail：inami.akihito@un.tsukuba.ac.jp

4 データの回収

データの回収はパソコンおよび通信回線によって行なった。

5 計算および平均値の取り扱い

- (1) 計算では全て四捨五入法による。
- (2) 日平均：20%以上記録が欠けている場合は欠測とし、「－」の記号を記入した。
- (3) 月平均・平均：20%以上の欠測期間がある場合は、「－」の記号を記入し、それ以下の場合は欠測日を除いた日による合計値・平均値を()内に記入した。

6 備考

過去の気象月報については、筑波大学の演習林のホームページ内にある気象データ(下記のURL)で閲覧することができる。

http://www.nourin.tsukuba.ac.jp/~forest/kishou_data.html

また、地球環境再生プログラム(JALPS)気象データアーカイブにも過去のデータを一部掲載している。ただし、閲覧には申請が必要となる。

<http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~jalps-atm/index.html>

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(川上演習林)

観測地点：川上演習林 2015年 1月 気象月報

ハヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-10.6	-6.7	-14.1	-10.5	—	1.75	93	83	88	1.2	0.7	ESE	雨量計故障によるデータの 欠測期間 1月1日～4月9日
2	-11.5	-3.5	-13.8	-9.5	—	2.79	92	38	66	1.3	0.7	ESE	
3	-12.4	-2.6	-12.4	-8.1	—	4.18	90	40	68	1.4	0.6	SE	
4	0.0	1.6	-5.2	-2.6	—	3.80	81	30	57	1.3	0.7	ESE	
5	-4.6	2.7	-7.6	-2.8	—	4.47	95	33	73	1.1	0.5	ESE	
6	0.0	2.0	-6.0	-0.7	—	1.33	97	59	84	1.6	0.8	ENE	
7	-11.2	-2.0	-12.2	-7.9	—	5.35	92	55	77	1.0	0.5	ESE	
8	-9.3	-1.2	-12.1	-8.2	—	5.28	89	44	74	1.6	0.7	ESE	
9	-10.2	-0.4	-11.5	-7.7	—	5.40	78	38	65	0.9	0.6	E	
10	-6.7	-1.3	-9.8	-6.1	—	4.50	71	34	59	1.2	0.6	ESE	
11	-4.6	-1.2	-7.5	-4.7	—	3.83	93	48	68	1.3	0.8	E	日射計故障によるデータの 欠測期間 1月27日～2月3日
12	-10.7	-4.3	-11.1	-8.3	—	2.02	92	55	79	1.2	0.7	ESE	
13	-8.2	0.3	-10.0	-6.4	—	4.23	88	29	65	1.4	0.8	ESE	
14	-2.8	6.7	-6.5	-0.1	—	4.69	64	28	50	0.8	0.5	ESE	
15	1.7	2.6	-4.1	-0.9	—	0.55	96	42	83	2.1	0.4	N	
16	-7.0	3.0	-7.0	-2.2	—	2.00	94	57	79	1.7	0.8	ESE	
17	-3.6	-1.8	-10.8	-5.7	—	4.13	89	48	75	1.7	0.9	SSW	
18	-9.2	-2.3	-13.5	-7.8	—	6.54	86	48	63	1.9	0.9	ESE	
19	-3.2	-1.1	-6.1	-3.5	—	5.27	92	19	62	1.3	0.6	ESE	
20	-7.4	-2.0	-10.2	-6.8	—	6.82	93	61	84	0.9	0.5	ESE	
21	-2.7	1.5	-4.5	-1.5	—	4.14	90	74	84	1.8	0.8	WNW	日射計故障によるデータの 欠測期間 1月27日～2月3日
22	-0.1	1.3	-2.5	-0.2	—	0.45	97	78	92	1.2	0.6	ESE	
23	-3.9	-1.6	-10.6	-5.2	—	1.23	96	89	93	1.6	0.9	SE	
24	-11.4	0.1	-12.9	-6.6	—	0.89	91	56	78	1.0	0.5	ESE	
25	-7.0	1.4	-7.4	-3.3	—	0.00	82	49	71	1.0	0.5	ESE	
26	-2.6	4.3	-2.8	0.3	—	0.27	95	53	78	0.9	0.6	WSW	
27	0.2	4.3	-4.9	-0.1	—	—	97	82	93	0.6	0.2	N	
28	-9.8	-4.9	-14.6	-8.8	—	—	94	45	78	1.0	0.4	ESE	
29	-13.3	-2.1	-15.7	-9.0	—	—	84	31	67	1.1	0.4	SSE	
30	-2.0	0.5	-5.8	-2.6	—	—	96	82	93	1.0	0.4	N	
31	-6.6	-4.5	-11.0	-7.2	—	—	93	58	83	0.0	0.0	N	
合計					—	(85.91)							
平均	-6.1	-0.4	-9.2	-5.0		(3.30)	90	51	75	1.2	0.6		

観測地点：川上演習林 2015年 2月 気象月報

ハヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-11.4	-3.3	-12.8	-9.7	—	—	86	36	71	0.8	0.3	N	雨量計故障によるデータの 欠測期間 1月1日～4月9日
2	-10.5	-3.8	-14.6	-9.6	—	—	84	52	69	1.3	0.8	E	
3	-8.5	-1.7	-11.3	-7.6	—	—	88	44	71	1.9	0.8	ESE	
4	-11.1	-0.5	-12.5	-6.4	—	8.38	91	55	79	1.1	0.4	ESE	
5	-4.6	-2.8	-7.2	-5.0	—	1.25	94	85	91	1.0	0.4	N	
6	-7.5	-1.0	-10.1	-5.9	—	9.03	91	48	76	1.4	0.7	ESE	
7	-4.9	-0.4	-12.7	-5.1	—	7.21	92	65	82	1.4	0.5	ESE	
8	-0.8	-0.8	-8.1	-3.6	—	2.42	93	69	83	1.2	0.6	E	
9	-12.5	-5.8	-15.7	-10.3	—	11.47	89	35	62	1.6	1.0	E	
10	-9.9	-2.1	-11.7	-7.8	—	6.05	81	37	60	1.2	0.8	E	日射計故障によるデータの 欠測期間 1月27日～2月3日
11	-5.9	2.6	-9.5	-4.0	—	11.56	76	38	59	1.1	0.7	ESE	
12	-6.0	1.7	-6.9	-3.4	—	10.16	73	37	53	1.3	0.7	E	
13	-8.0	-4.3	-13.1	-7.9	—	11.00	80	34	52	2.5	1.0	SSW	
14	-9.2	-1.7	-13.7	-7.4	—	12.74	67	27	53	1.3	0.7	ESE	
15	-3.6	-2.3	-9.5	-5.7	—	5.07	89	39	75	2.4	1.0	ESE	
16	-3.5	3.5	-6.2	-2.7	—	12.97	50	13	27	1.7	0.8	ESE	
17	-3.9	-0.1	-5.2	-2.1	—	4.27	95	37	78	0.9	0.4	W	
18	-2.8	-2.4	-5.0	-3.7	—	1.28	95	84	91	1.2	0.6	ESE	
19	-5.7	0.6	-6.2	-3.8	—	8.59	94	50	76	1.3	1.0	ESE	
20	-5.8	-0.3	-7.0	-4.6	—	13.89	91	46	73	1.1	0.8	E	日射計故障によるデータの 欠測期間 1月27日～2月3日
21	-5.9	4.4	-11.0	-3.1	—	13.83	96	30	68	1.0	0.4	E	
22	0.1	4.1	-1.5	1.0	—	2.26	98	85	94	1.5	0.8	ENE	
23	4.2	9.5	0.4	4.9	—	7.67	98	44	71	1.7	0.9	ESE	
24	0.5	5.7	-3.9	0.6	—	8.43	90	28	63	1.0	0.5	ESE	
25	-1.6	5.3	-4.5	-0.5	—	10.11	95	41	77	1.0	0.4	WSW	
26	-0.2	2.6	-0.7	0.2	—	2.12	96	85	92	1.0	0.6	ESE	
27	-2.8	2.7	-7.5	-2.1	—	15.37	89	28	58	2.5	1.2	SSW	
28	-7.7	3.8	-9.5	-3.6	—	13.50	84	16	57	1.3	0.7	ESE	
合計					—	(210.63)							
平均	-5.3	0.5	-8.5	-4.3		(8.43)	87	46	70	1.4	0.7		

観測地点：川上演習林 2015年 3月 気象月報

ハヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-2.0	-0.1	-3.4	-1.7	—	1.55	97	86	95	1.5	0.7	N	雨量計故障によるデータの 欠測期間 1月1日～4月9日
2	-5.3	0.8	-8.1	-4.2	—	11.70	96	63	82	0.8	0.3	N	
3	-2.0	0.7	-3.5	-1.6	—	6.37	96	69	82	1.5	0.7	NNE	
4	4.1	6.8	-1.3	2.4	—	15.37	98	30	60	1.6	1.2	N	
5	-4.9	3.0	-7.9	-2.5	—	15.61	77	18	56	1.4	0.6	NW	
6	-4.4	3.7	-6.6	-2.1	—	14.90	89	51	72	1.3	0.4	W	
7	0.0	1.9	-3.3	-0.1	—	6.20	96	84	92	1.1	0.5	W	
8	-0.2	1.3	-1.4	-0.1	—	3.14	97	91	95	0.6	0.2	N	
9	0.7	3.5	-1.7	0.9	—	4.02	97	79	92	1.1	0.3	N	
10	-2.1	0.1	-11.0	-4.4	—	8.31	96	50	70	2.0	0.7	N	
11	-7.3	-2.7	-10.7	-7.2	—	16.42	72	40	55	2.1	1.5	SSW	
12	-5.1	-1.0	-8.4	-5.1	—	14.32	72	44	57	1.6	1.1	E	
13	-4.9	0.9	-9.1	-3.8	—	13.31	79	41	59	1.4	0.9	SE	
14	-1.3	0.6	-6.8	-2.7	—	6.82	87	51	65	1.6	0.6	NNE	
15	-1.7	5.4	-5.3	0.2	—	15.08	93	44	71	1.4	0.8	ENE	
16	4.1	10.1	1.1	4.3	—	10.98	95	47	74	1.4	0.6	ESE	
17	5.9	14.5	2.3	6.7	—	16.67	93	22	62	1.1	0.4	ESE	
18	4.6	12.7	2.4	6.7	—	12.25	95	31	61	0.4	0.2	ESE	
19	5.8	7.3	3.0	5.6	—	1.99	98	96	98	1.2	0.7	ENE	
20	5.0	11.4	-0.1	4.4	—	12.00	98	48	83	0.7	0.3	E	
21	1.4	7.4	-0.6	2.4	—	9.84	97	32	72	0.7	0.3	SW	
22	3.7	8.7	-1.1	3.4	—	14.46	91	26	54	1.2	0.5	S	
23	-0.3	4.1	-6.7	-1.7	—	19.50	65	23	41	1.7	0.6	ESE	
24	-4.1	-0.4	-9.3	-5.6	—	12.79	91	33	62	1.0	0.6	ESE	
25	-6.2	0.4	-8.8	-5.1	—	19.77	91	30	63	1.6	1.0	ESE	
26	-3.6	5.5	-9.3	-2.3	—	19.98	90	15	47	1.1	0.5	N	
27	2.6	13.0	-4.2	3.5	—	20.04	71	12	44	0.7	0.2	ESE	
28	4.8	12.7	-0.8	5.1	—	13.85	77	13	45	0.6	0.2	N	
29	6.9	8.7	0.7	3.7	—	9.18	89	39	68	0.9	0.3	ESE	
30	5.6	15.0	-0.8	6.1	—	19.92	90	13	57	1.0	0.4	ESE	
31	6.4	15.4	2.0	7.4	—	19.82	94	34	67	1.1	0.6	ESE	
合計					—	386.18							
平均	0.2	5.5	-3.8	0.4		12.46	89	44	68	1.2	0.6		

観測地点：川上演習林 2015年 4月 気象月報

ハヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	7.2	12.5	1.3	7.5	—	5.93	96	38	75	1.4	0.7	ESE	雨量計故障によるデータの 欠測期間 1月1日～4月9日
2	4.2	13.5	-2.4	5.1	—	20.58	94	13	61	1.2	0.7	WSW	
3	7.4	11.9	3.1	8.7	—	2.94	97	77	93	1.5	1.0	E	
4	8.3	12.2	7.1	9.6	—	3.87	97	93	96	1.0	0.4	ESE	
5	8.7	11.5	7.5	9.4	—	2.31	98	89	96	1.3	0.8	ESE	
6	15.0	19.7	11.8	13.8	—	9.38	96	52	79	1.1	0.6	ESE	
7	1.6	9.1	-2.0	1.5	—	0.94	98	95	97	0.8	0.4	WSW	
8	-3.3	-1.5	-3.4	-2.7	—	2.39	98	96	96	0.8	0.4	W	
9	-0.5	3.6	-3.3	0.0	—	12.03	97	84	93	0.8	0.3	W	
10	4.2	6.1	-1.3	1.8	6.0	5.56	97	54	85	0.9	0.2	N	
11	1.9	5.8	-0.9	2.4	3.5	7.09	97	83	92	1.0	0.5	N	
12	3.9	11.6	-2.3	4.2	0.0	17.31	93	27	60	0.9	0.3	ESE	
13	1.5	3.6	0.6	1.9	21.0	1.04	97	56	91	0.6	0.2	N	
14	8.9	10.4	2.8	7.9	26.0	2.82	97	93	96	1.0	0.4	ESE	
15	5.2	7.5	0.9	3.7	9.5	6.00	97	69	87	1.7	0.7	WNW	
16	9.6	15.9	2.2	8.5	0.0	16.96	83	26	57	1.6	0.8	ESE	
17	8.6	12.3	-0.5	5.7	0.0	11.65	90	18	69	1.1	0.7	ESE	
18	5.4	12.6	-1.1	5.9	0.0	20.91	50	18	32	1.6	0.9	SSE	
19	11.3	12.8	3.6	7.7	1.5	7.32	91	17	56	1.1	0.6	SE	
20	8.0	13.6	6.5	10.1	15.5	3.58	97	76	92	2.1	1.3	NE	
21	8.3	13.6	4.6	9.1	3.5	8.14	97	37	76	1.1	0.5	NE	
22	8.7	13.4	4.7	7.9	0.0	11.79	94	45	76	1.8	0.5	SE	
23	8.4	16.1	2.7	8.7	0.0	19.73	94	21	64	1.1	0.4	ESE	
24	9.2	15.9	5.4	9.8	0.0	21.22	84	26	57	1.1	0.5	E	
25	9.8	14.2	1.9	8.0	0.0	17.56	86	26	55	1.1	0.4	ESE	
26	7.7	16.4	4.1	9.0	0.0	23.27	95	30	71	1.0	0.6	W	
27	14.9	20.6	5.4	12.3	0.0	21.68	88	19	54	1.0	0.5	ESE	
28	15.3	20.3	7.2	12.7	0.0	21.02	77	26	55	1.1	0.5	ESE	
29	12.7	16.9	4.8	10.0	0.0	15.04	90	33	64	0.8	0.3	E	
30	10.6	17.8	3.6	9.6	0.0	15.36	91	39	68	1.0	0.4	ESE	
合計					—	335.41							
平均	7.4	12.3	2.5	7.0		11.18	92	49	75	1.2	0.5		

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(川上演習林)

観測地点：川上演習林 2015年 5月 気象月報

八ヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	13.6	20.6	3.7	12.0	0.0	23.31	81	19	44	1.5	0.4	ESE	
2	15.2	21.2	6.4	12.9	0.0	22.86	89	26	57	0.8	0.3	ESE	
3	13.1	19.5	6.6	12.2	0.0	21.50	95	40	72	1.1	0.4	W	
4	10.9	12.4	9.4	11.1	1.5	4.89	96	82	92	0.9	0.4	ESE	
5	5.9	17.2	3.7	9.6	1.0	22.76	96	13	60	1.1	0.5	W	
6	11.6	17.5	5.6	10.3	0.0	19.16	97	36	76	1.3	0.4	W	
7	11.3	15.5	6.6	9.9	1.0	12.85	94	33	73	0.9	0.4	ESE	
8	12.1	15.9	6.3	10.8	0.0	13.85	93	41	72	0.8	0.2	WNW	
9	11.5	11.8	5.8	9.5	1.0	5.63	94	52	79	0.7	0.2	ESE	
10	9.9	15.5	0.0	7.9	0.0	23.07	96	37	68	1.1	0.5	ENE	
11	10.3	16.1	-2.5	7.5	0.0	23.45	88	16	56	0.9	0.4	WSW	
12	7.2	12.8	5.6	9.0	17.5	4.68	97	76	88	1.6	0.9	NE	
13	10.8	16.3	9.1	12.7	0.5	26.05	97	29	44	1.6	1.0	NE	
14	15.6	21.9	9.2	15.2	0.0	23.85	55	19	38	0.8	0.5	ESE	
15	18.2	22.2	11.9	16.3	0.0	20.70	90	42	65	0.7	0.4	ESE	
16	13.5	17.0	10.3	13.2	3.0	6.38	96	65	90	0.7	0.3	SSE	
17	10.7	17.9	7.5	11.9	0.0	23.49	96	18	57	0.9	0.4	ESE	
18	13.9	17.5	7.5	12.0	1.5	15.61	95	36	68	1.1	0.5	W	
19	14.4	18.2	8.8	14.0	14.5	10.03	97	74	88	1.2	0.4	N	
20	15.8	21.7	8.8	14.6	0.0	22.77	96	32	68	0.6	0.4	SE	
21	6.3	13.7	3.8	7.8	5.0	18.29	95	38	66	1.2	0.6	ESE	
22	11.1	16.5	5.0	10.5	0.0	14.91	90	35	60	0.7	0.3	W	
23	14.1	18.5	7.0	12.5	0.0	17.28	84	31	58	0.7	0.2	ESE	
24	12.5	17.2	9.5	12.9	0.0	15.47	81	34	60	0.9	0.3	SSE	
25	15.3	17.2	8.1	12.7	0.0	12.47	84	45	67	0.7	0.2	ENE	
26	14.7	20.5	6.8	14.1	0.0	21.27	81	32	55	1.3	0.4	SE	
27	17.7	23.6	10.5	16.3	0.0	21.00	83	21	54	0.5	0.2	E	
28	13.5	18.9	10.2	14.0	0.0	13.63	93	60	81	0.8	0.2	WNW	
29	13.3	14.7	9.8	12.6	0.0	6.75	94	68	81	0.6	0.2	ESE	
30	15.3	23.8	9.8	16.5	0.5	19.49	96	29	72	0.6	0.2	E	
31	16.8	20.2	11.5	15.9	0.0	18.88	80	44	68	0.8	0.3	ENE	
合計					47.0	526.32							
平均	12.8	17.9	7.2	12.2		16.98	90	39	67	0.9	0.4		

観測地点：川上演習林 2015年 6月 気象月報

八ヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	14.4	20.9	11.2	15.1	0.0	20.10	94	58	77	0.6	0.2	W	
2	16.2	20.4	11.7	15.1	0.0	16.63	95	58	82	0.6	0.2	WNW	
3	13.2	16.9	11.7	14.0	17.5	5.83	96	73	91	0.6	0.2	ENE	
4	10.7	17.2	4.7	10.7	0.0	17.10	94	42	66	0.8	0.3	ENE	
5	12.9	12.9	4.5	8.7	39.0	4.11	97	59	80	0.4	0.2	WNW	
6	9.0	12.2	6.2	8.8	5.0	9.76	97	76	89	0.9	0.3	SE	
7	10.5	15.5	7.6	11.2	0.0	14.03	93	70	85	0.7	0.2	E	
8	12.1	14.4	7.9	11.1	4.0	11.70	96	63	85	0.8	0.3	WNW	
9	13.1	17.5	9.8	13.3	22.5	8.62	97	83	94	0.6	0.2	N	
10	14.0	20.2	8.9	14.0	0.0	19.01	97	61	82	0.5	0.2	WSW	
11	14.5	17.2	11.7	14.3	0.5	7.40	96	81	90	0.6	0.2	WNW	
12	15.3	20.7	13.4	16.1	4.5	9.06	97	75	88	0.6	0.2	E	
13	15.9	21.3	11.5	16.3	0.0	16.82	95	47	75	0.5	0.1	N	
14	15.7	16.9	12.5	14.9	0.0	8.30	94	73	85	0.5	0.1	N	
15	17.1	21.7	11.3	15.8	0.0	16.92	95	53	79	0.8	0.2	W	
16	16.1	16.5	11.1	14.0	1.0	5.02	96	81	92	0.7	0.1	N	
17	15.4	16.2	10.3	13.0	31.0	7.22	96	78	92	0.2	0.0	N	
18	11.8	13.2	10.2	12.0	12.0	4.77	97	92	95	0.5	0.1	WNW	
19	11.2	12.3	9.6	10.9	8.0	3.72	97	94	96	0.3	0.1	N	
20	13.1	17.2	9.6	13.1	26.0	11.37	97	77	92	0.4	0.1	N	
21	12.9	14.0	11.4	12.5	5.5	5.22	97	90	95	0.2	0.0	N	
22	14.1	17.2	11.1	14.0	0.0	10.10	96	73	89	0.3	0.1	N	
23	15.1	17.8	9.6	13.3	17.0	7.55	97	77	92	0.4	0.1	N	
24	14.6	20.5	9.7	14.7	0.0	15.49	97	64	85	0.4	0.1	N	
25	16.4	21.4	11.8	16.0	0.0	18.50	95	49	80	0.5	0.2	N	
26	14.8	15.1	11.6	13.0	25.0	4.28	97	77	92	0.5	0.3	NNE	
27	16.8	19.9	12.7	15.8	2.5	9.49	97	67	85	0.8	0.3	ESE	
28	14.8	21.1	10.2	14.8	0.0	18.80	91	45	72	0.6	0.3	SE	
29	13.5	20.4	8.5	14.0	0.0	18.52	96	41	81	0.4	0.2	W	
30	12.7	14.9	11.3	12.9	1.5	6.46	97	84	92	0.8	0.2	WNW	
合計					222.5	331.91							
平均	13.9	17.5	10.1	13.4		11.06	96	69	86	0.6	0.2		

観測地点：川上演習林 2015年 7月 気象月報

八ヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	14.4	19.6	10.4	15.2	36.0	4.91	97	84	93	1.1	0.5	ESE	
2	16.7	19.8	13.9	16.3	0.0	13.17	92	77	85	0.8	0.3	ESE	
3	14.4	16.8	13.6	15.2	16.0	4.59	97	88	95	0.4	0.1	WNW	
4	15.0	15.9	12.2	14.1	4.0	3.57	97	87	94	0.7	0.1	ESE	
5	12.6	14.9	11.7	13.1	2.5	4.15	97	88	95	0.5	0.1	N	
6	13.6	14.3	12.7	13.6	9.0	3.35	97	96	97	0.5	0.1	N	
7	13.7	16.4	12.6	14.0	0.5	5.35	97	86	95	0.4	0.1	ESE	
8	15.9	19.0	13.8	16.0	5.0	7.38	97	84	94	0.3	0.1	ENE	
9	16.2	17.1	15.2	16.2	26.0	2.81	97	96	97	0.2	0.0	N	
10	16.2	24.1	13.4	17.8	0.5	22.38	97	39	77	0.5	0.1	N	
11	17.4	25.7	12.4	18.8	0.0	21.69	96	35	74	0.4	0.1	ENE	
12	17.6	25.3	14.1	19.4	0.0	21.47	96	41	78	0.5	0.1	N	
13	20.0	24.4	17.3	20.1	0.0	15.53	96	65	82	0.6	0.3	ESE	
14	20.2	25.7	16.9	20.5	0.0	20.59	95	56	79	0.7	0.3	ENE	
15	20.0	24.3	16.6	19.5	0.0	17.07	95	50	81	1.0	0.3	WNW	
16	16.8	19.1	16.1	17.5	59.5	3.47	97	94	96	1.4	0.6	WNW	
17	17.8	19.1	16.1	17.3	11.5	5.63	97	86	92	1.6	0.9	N	
18	16.5	17.4	16.2	16.7	2.0	2.00	96	90	94	1.2	0.6	NNE	
19	19.8	24.2	15.5	19.4	0.0	14.21	96	56	82	0.6	0.3	ESE	
20	20.2	26.6	17.6	21.3	0.0	19.83	95	51	76	0.5	0.2	ESE	
21	20.4	25.5	16.7	20.6	0.0	20.55	96	61	83	0.7	0.2	N	
22	18.9	21.2	15.8	18.3	0.0	11.94	96	76	89	1.0	0.3	NNE	
23	17.7	19.3	17.5	18.2	14.0	3.84	97	90	94	0.6	0.3	NE	
24	20.5	24.7	17.5	20.2	0.0	11.44	95	58	86	0.5	0.2	ESE	
25	20.8	26.9	17.7	21.4	0.0	17.28	91	44	69	0.5	0.2	ESE	
26	20.7	27.9	16.2	21.9	0.0	18.44	93	49	73	0.3	0.1	N	
27	20.9	27.5	17.5	21.8	0.0	19.39	96	51	78	0.4	0.1	E	
28	18.6	24.4	18.0	20.4	0.0	12.57	97	66	88	0.5	0.2	N	
29	19.2	24.1	18.8	20.7	13.5	11.86	96	76	90	0.4	0.1	N	
30	19.3	25.3	18.1	20.4	0.0	9.70	97	64	89	0.3	0.1	N	
31	20.3	27.0	16.9	21.3	0.0	14.71	96	64	86	0.4	0.1	N	
合計					200.0	364.85							
平均	17.8	22.0	15.4	18.3		11.77	96	69	87	0.6	0.2		

観測地点：川上演習林 2015年 8月 気象月報

八ヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	22.4	27.3	16.0	21.2	9.0	18.69	96	65	84	0.5	0.2	N	
2	20.3	27.2	16.2	21.1	0.0	19.59	93	59	79	0.6	0.2	E	
3	20.7	26.6	17.3	21.6	0.0	16.70	95	59	83	0.5	0.1	N	
4	20.9	25.8	18.1	20.8	0.0	12.24	96	60	85	0.6	0.1	N	
5	20.6	26.0	17.2	21.0	0.0	18.23	95	60	82	0.6	0.1	N	
6	20.6	24.3	16.9	20.1	15.0	10.36	97	68	87	0.3	0.1	N	
7	20.2	25.7	16.1	20.3	0.0	16.53	97	60	84	0.4	0.1	N	
8	20.2	26.7	16.7	20.8	0.0	18.94	96	33	77	0.5	0.1	N	
9	18.2	24.3	14.8	19.0	0.0	13.84	96	59	84	0.6	0.1	N	
10	18.4	23.8	15.1	18.8	26.0	11.40	97	70	88	0.3	0.1	N	
11	17.9	24.0	16.0	19.0	13.5	12.66	97	71	92	0.3	0.1	N	
12	19.0	23.1	17.2	19.2	0.0	10.66	97	67	89	0.3	0.0	N	
13	16.6	19.7	16.4	18.0	1.5	5.16	96	90	94	0.9	0.3	NW	
14	19.6	23.7	16.4	19.2	4.0	10.54	97	72	90	0.6	0.2	WNW	
15	16.6	24.5	15.1	18.8	0.0	17.36	97	58	85	0.4	0.1	N	
16	18.5	22.6	16.0	18.7	0.0	9.41	97	71	88	0.5	0.1	N	
17	16.2	18.2	14.2	16.9	33.0	2.45	97	94	96	1.2	0.4	NNW	
18	18.8	24.5	17.0	19.6	0.0	16.55	97	63	88	0.5	0.2	WSW	
19	18.7	23.0	16.0	18.6	0.0	12.64	97	62	87	0.3	0.1	N	
20	17.3	19.3	16.5	17.6	4.0	4.03	97	89	95	0.4	0.1	N	
21	16.9	18.5	16.4	17.5	0.5	2.97	97	93	95	0.4	0.2	NE	
22	18.8	25.1	17.2	20.2	0.5	13.44	97	69	88	0.5	0.2	WNW	
23	17.9	21.6	17.2	18.6	0.5	9.34	97	82	94	0.8	0.2	W	
24	16.5	21.9	15.7	17.7	0.0	11.46	98	68	90	0.6	0.1	S	
25	15.2	16.1	12.2	14.2	2.5	3.06	98	97	98	0.7	0.3	NW	
26	14.7	17.9	12.6	15.5	10.0	4.09	98	91	97	1.2	0.4	NW	
27	16.8	20.4	15.5	17.6	1.0	8.44	98	83	93	0.3	0.1	N	
28	17.1	19.6	15.5	16.7	0.5	4.42	98	87	95	0.1	0.0	N	
29	14.4	16.7	14.1	15.5	0.5	3.63	98	95	97	0.2	0.1	N	
30	15.7	16.7	15.4	16.0	0.5	2.28	98	97	97	0.6	0.3	N	
31	17.8	21.4	15.5	17.5	0.5	11.24	98	72	90	0.6	0.2	N	
合計					123.0	332.38							
平均	18.2	22.5	15.9	18.6		10.72	97	73	89	0.5	0.2		

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(川上演習林)

観測地点：川上演習林 2015年 9月 気象月報

ハヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	15.9	16.8	15.6	16.1	0.0	2.66	97	94	96	1.2	0.6	NNE	
2	17.3	22.4	16.1	18.1	0.0	8.69	97	75	92	0.7	0.3	NNE	
3	15.7	18.8	14.6	16.2	0.5	5.25	97	77	92	0.8	0.2	N	
4	15.1	20.0	11.8	15.8	0.0	13.09	97	58	85	0.4	0.1	ESE	
5	14.4	18.3	10.7	14.9	0.0	8.81	97	78	90	0.6	0.1	N	
6	14.3	15.5	12.6	13.9	0.0	3.49	97	83	92	1.1	0.4	N	
7	16.5	17.6	15.4	16.3	0.5	3.54	98	94	96	0.9	0.3	NW	
8	15.1	16.1	13.5	15.1	0.0	2.62	98	95	97	0.3	0.1	N	
9	14.1	17.4	13.2	15.1	0.0	3.01	98	86	94	1.6	0.5	WNW	
10	16.3	18.6	13.3	15.7	9.5	5.76	98	81	92	0.8	0.2	N	
11	13.8	19.4	12.2	15.1	0.0	15.34	98	65	88	0.4	0.2	N	
12	15.5	19.2	13.7	16.0	0.0	13.54	96	71	88	0.9	0.3	NW	
13	14.0	16.8	11.8	14.0	0.0	6.56	97	76	89	0.4	0.2	ESE	
14	11.4	17.4	10.9	13.1	0.0	7.13	98	74	92	0.6	0.2	W	
15	12.0	18.0	10.9	13.4	0.0	8.42	97	71	90	0.4	0.1	N	
16	12.8	15.8	11.1	12.7	0.5	4.84	97	78	93	0.5	0.1	N	
17	11.9	13.7	10.5	12.3	20.5	2.69	98	96	97	0.4	0.1	N	
18	14.4	16.3	12.4	14.2	25.0	4.04	98	88	96	0.7	0.3	N	
19	12.9	18.5	10.6	13.6	0.0	15.05	98	68	87	0.6	0.2	SE	
20	12.3	18.6	8.8	12.9	0.0	15.92	97	66	86	0.6	0.3	N	
21	13.3	18.3	11.4	13.8	0.0	9.03	97	62	89	0.4	0.1	N	
22	12.2	19.9	10.6	13.6	0.0	12.76	97	53	83	0.5	0.1	N	
23	12.5	18.3	10.1	13.2	0.0	10.07	97	71	89	0.4	0.1	N	
24	10.9	11.8	7.3	10.1	5.0	3.36	98	76	90	0.9	0.3	NW	
25	11.7	13.2	10.4	11.9	25.5	2.32	98	97	97	0.9	0.1	N	
26	13.4	17.1	12.6	14.4	1.0	6.04	98	85	95	0.4	0.1	WNW	
27	14.4	16.4	10.8	13.8	0.0	6.08	98	85	94	0.5	0.1	N	
28	13.0	20.3	10.2	14.3	0.0	14.30	96	50	84	0.6	0.2	WNW	
29	10.3	16.5	6.7	10.7	0.0	12.84	94	59	78	0.9	0.4	SE	
30	8.3	14.9	5.0	9.2	0.0	12.49	94	33	68	1.7	0.6	S	
合計					88.0	239.73							
平均	13.5	17.4	11.5	14.0		7.99	97	75	90	0.7	0.2		

観測地点：川上演習林 2015年 10月 気象月報

ハヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	11.3	12.8	6.9	10.5	4.0	2.02	98	75	91	1.4	0.6	NNE	
2	13.2	19.5	11.6	15.0	21.0	14.76	98	35	79	1.2	0.5	ESE	
3	11.7	20.2	9.1	13.2	0.0	14.72	95	27	64	0.7	0.4	ESE	
4	9.8	17.7	5.1	10.4	0.0	13.96	97	41	66	0.5	0.2	ESE	
5	6.3	14.0	5.8	8.1	0.0	7.76	98	72	93	0.7	0.2	W	
6	6.9	14.0	5.7	8.5	0.0	12.74	98	58	84	0.8	0.3	SE	
7	5.5	12.1	4.3	6.9	0.0	14.22	97	51	77	1.4	0.9	SE	
8	5.9	11.6	3.7	6.8	0.0	14.11	91	44	70	1.5	1.0	SE	
9	6.3	15.7	2.6	8.2	0.0	12.46	85	38	71	0.7	0.3	ESE	
10	10.4	12.9	7.0	9.2	0.0	5.38	82	50	68	0.8	0.3	E	
11	9.9	12.8	6.9	9.9	5.5	4.58	98	62	82	1.1	0.6	NE	
12	7.8	14.6	5.0	8.3	0.0	13.75	79	39	64	0.9	0.5	ESE	
13	9.4	15.2	3.2	8.5	0.0	14.07	89	39	68	1.0	0.5	ESE	
14	6.0	14.2	1.6	6.8	0.0	12.29	93	47	78	0.7	0.2	N	
15	8.2	14.3	4.3	8.4	0.0	13.17	97	59	82	0.7	0.2	N	
16	8.8	13.6	5.1	9.1	0.0	6.05	97	76	90	0.9	0.2	W	
17	10.2	14.2	8.3	10.1	0.0	4.61	98	79	93	0.5	0.2	ESE	
18	10.3	18.3	7.2	11.3	0.0	13.12	97	36	78	0.8	0.2	ESE	
19	8.2	16.5	4.1	9.9	0.0	13.07	96	41	73	0.7	0.3	WSW	
20	7.0	16.0	6.4	9.9	0.0	11.72	95	32	74	0.8	0.3	ENE	
21	8.0	14.9	5.4	9.4	0.0	9.73	97	67	88	0.9	0.3	N	
22	8.7	16.3	5.2	10.3	0.0	11.76	96	43	77	0.8	0.3	E	
23	9.5	11.1	7.7	9.4	0.0	4.23	97	78	91	0.8	0.4	ENE	
24	9.7	17.6	6.0	10.9	0.0	11.55	95	30	65	1.5	0.5	ESE	
25	1.9	8.7	0.1	3.3	0.0	12.55	96	29	57	1.3	1.0	SSW	
26	0.6	12.2	-3.3	4.4	0.0	12.62	96	23	64	1.2	0.4	ESE	
27	8.4	13.1	4.1	8.7	0.0	10.93	95	41	73	1.5	0.9	WNW	
28	9.3	15.3	6.5	9.8	2.5	10.56	95	61	83	1.0	0.5	ESE	
29	7.0	12.3	4.9	7.5	0.0	6.42	95	62	85	0.9	0.3	W	
30	7.6	10.5	3.2	6.0	0.0	9.62	95	40	61	1.8	0.8	ESE	
31	3.8	9.1	-1.7	2.9	0.0	8.00	94	57	75	0.8	0.3	ESE	
合計					33.0	326.52							
平均	8.0	14.2	4.9	8.8		10.53	94	49	76	1.0	0.4		

観測地点：川上演習林 2015年 11月 気象月報

八ヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	0.4	8.0	-2.8	2.3	0.0	8.88	93	54	77	1.1	0.4	ESE	
2	4.3	9.3	3.0	6.6	16.5	2.27	97	61	88	1.3	0.4	ESE	
3	4.1	9.9	0.8	4.5	0.0	10.32	97	54	81	1.2	0.4	ESE	
4	2.7	12.0	-0.3	4.4	0.0	9.84	89	40	68	1.2	0.4	N	
5	4.6	13.6	1.1	5.7	0.0	9.36	80	35	64	1.2	0.4	ESE	
6	7.4	14.4	2.6	7.5	0.0	8.74	91	44	68	0.8	0.4	ESE	
7	8.6	12.2	4.5	7.7	0.0	6.24	93	64	85	0.8	0.4	WSW	
8	7.0	10.3	6.6	8.3	9.5	1.24	98	82	93	1.4	0.7	WNW	
9	12.3	14.5	10.7	12.2	3.5	3.24	98	88	95	0.9	0.4	E	
10	9.0	11.5	2.4	7.7	3.5	3.98	97	86	93	1.0	0.6	W	
11	2.0	7.9	1.1	3.3	0.0	5.72	97	72	89	0.6	0.3	WNW	
12	3.0	7.5	0.8	3.1	0.0	4.51	97	73	91	0.6	0.1	N	
13	3.7	7.9	1.6	4.7	0.0	4.54	97	74	87	1.3	0.5	W	
14	5.3	9.4	4.6	6.6	9.5	1.22	98	94	96	1.8	1.0	WNW	
15	12.0	13.3	5.6	10.4	7.5	5.34	97	77	93	0.8	0.5	ESE	
16	5.3	13.0	2.3	8.2	0.0	6.46	97	61	83	1.8	0.7	WNW	
17	8.4	13.9	7.1	10.0	4.0	3.99	97	64	85	0.8	0.4	SE	
18	8.9	12.5	7.2	9.4	33.0	2.57	98	81	95	1.1	0.3	N	
19	4.4	7.9	4.2	5.6	1.5	5.04	98	80	93	1.4	0.7	ENE	
20	4.9	9.7	3.1	5.8	0.0	3.64	98	81	95	0.9	0.3	ENE	
21	4.6	9.5	1.7	5.1	0.0	6.91	97	70	86	1.6	0.5	N	
22	6.4	8.8	4.7	6.0	0.0	4.30	97	75	91	1.1	0.3	W	
23	5.9	8.5	4.7	6.8	0.0	2.93	96	82	91	1.2	0.5	W	
24	10.7	14.6	-1.3	6.8	0.0	5.64	96	43	80	2.0	0.7	SW	
25	3.7	4.6	-1.1	1.6	8.5	1.22	98	91	96	1.2	0.3	W	
26	2.4	6.6	0.4	3.0	9.0	3.36	98	46	90	1.2	0.3	E	
27	-3.5	-0.1	-3.9	-2.1	0.0	5.11	69	47	56	1.8	1.2	SSW	
28	-1.0	5.4	-3.3	0.0	0.0	5.17	77	36	64	1.6	0.9	ESE	
29	-1.4	4.4	-2.9	0.0	0.0	4.02	89	45	70	1.1	0.5	ESE	
30	0.0	6.2	-0.9	1.2	0.0	4.63	89	55	78	1.2	0.5	ESE	
合計					106.0	150.46							
平均	4.9	9.6	2.1	5.4		5.02	94	65	84	1.2	0.5		

観測地点：川上演習林 2015年 12月 気象月報

八ヶ岳演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-0.3	5.3	-3.1	0.3	0.0	4.61	95	59	84	0.9	0.4	ESE	
2	3.5	7.4	1.0	4.4	0.0	3.54	91	67	81	1.5	0.9	NNE	
3	5.5	10.3	-2.4	4.9	1.5	3.69	97	62	83	1.4	1.0	NNE	
4	-3.6	-1.5	-4.1	-2.7	0.0	3.98	81	58	69	2.7	1.3	SW	
5	-0.6	4.6	-2.1	0.1	0.0	3.92	71	39	61	2.3	0.8	ESE	
6	-2.6	4.6	-4.7	-0.3	0.0	4.10	91	32	74	0.7	0.2	SE	
7	-5.8	6.1	-5.8	-2.0	0.0	3.41	95	41	83	0.6	0.1	N	
8	-4.2	4.4	-6.1	-2.2	0.0	3.47	95	20	68	0.8	0.1	N	
9	-1.9	6.0	-5.2	-0.5	0.0	3.49	86	23	51	0.8	0.1	N	
10	3.0	6.3	-1.2	3.3	0.0	3.70	98	64	83	1.4	0.5	ENE	
11	11.7	12.7	0.9	7.6	19.5	1.61	98	79	94	1.9	1.2	ESE	
12	-0.5	6.2	-1.1	1.1	0.0	3.74	96	70	89	1.3	0.6	ESE	
13	3.1	5.4	0.5	3.0	3.0	2.44	98	92	96	0.8	0.2	N	
14	3.1	4.8	1.8	3.0	0.0	2.87	98	92	96	0.8	0.4	ESE	
15	4.8	9.7	1.8	5.2	0.0	3.11	97	59	86	0.9	0.5	ESE	
16	7.3	8.3	0.2	5.1	0.0	2.28	97	45	69	1.0	0.6	E	
17	-2.2	-0.6	-6.6	-2.9	0.0	3.71	92	63	78	1.1	0.5	SE	
18	-7.2	1.1	-7.8	-5.1	0.0	3.20	91	48	77	1.0	0.5	ESE	
19	-4.2	-2.4	-9.2	-5.2	0.0	4.36	91	65	81	1.4	0.6	ESE	
20	-7.4	2.9	-9.5	-3.2	0.0	3.03	89	47	78	1.1	0.5	ESE	
21	2.7	4.2	-0.7	1.7	1.0	2.19	96	65	80	1.1	0.7	ENE	
22	-2.3	1.1	-4.8	-1.6	0.0	3.55	94	65	83	1.5	0.8	WSW	
23	0.3	2.7	-2.0	0.8	3.5	1.23	98	81	91	1.2	0.7	NE	
24	1.2	6.5	0.4	2.9	0.5	3.76	97	74	91	1.2	0.6	SE	
25	2.6	3.5	-6.5	-0.2	0.0	3.72	97	50	81	1.0	0.5	E	
26	-3.0	0.3	-6.9	-2.6	0.0	3.21	93	49	66	2.3	1.3	SSW	
27	-1.3	0.2	-10.4	-2.8	0.0	3.37	82	23	53	2.1	1.0	SSW	
28	-9.9	0.2	-11.6	-6.2	0.0	3.19	85	28	61	1.0	0.4	E	
29	-5.9	-0.6	-8.7	-5.6	0.0	3.85	93	44	71	1.1	0.3	NNW	
30	-7.1	0.8	-9.0	-4.6	0.0	3.32	89	42	69	1.0	0.3	ESE	
31	-3.4	2.4	-6.3	-2.8	0.0	3.37	92	33	69	0.6	0.2	E	
合計					29.0	103.05							
平均	-0.8	4.0	-4.2	-0.2		3.32	92	54	77	1.2	0.6		

資料

筑波大学農林技術センター演習林気象報告 — 井川演習林気象観測データ(2015年) —

上治雄介*

筑波大学農林技術センター井川演習林
428-0504 静岡県静岡市葵区井川1621-2

はじめに

農林技術センター井川演習林では1967年より総合気象観測装置による気象観測業務を実施し、1983年分からは月報を毎年演習林報告に掲載している。観測項目は、気温、湿度、降水量、日射量、風向、風速の6要素である。

本報告では、井川演習林内の総合気象Ⅰ観測地点における2015年1月から12月までの1年間の観測資料を取りまとめたので報告する。観測サイト総合気象Ⅰの場所および観測データの取りまとめ方針等は次に示すとおりである。

1 観測場所

井川演習林 総合気象Ⅰ観測地点：静岡県静岡市葵区田代字東河内1246-1

東経 138° 13.6′、北緯 35° 19.9′、標高1,175m
※2002年測量法改正による世界測地系に基づく値

2 観測機器

表1 参照

3 気象月報取りまとめ方法

(1) 日 界：24時

(2) 気 温

最 高：当日の毎正時の最大値

最 低：当日の毎正時の最小値

日平均：当日毎正時の値の算術平均値

(3) 相対湿度

最 高：当日の毎正時の最大値

最 低：当日の毎正時の最小値

日平均：当日毎正時の値の算術平均値

(4) 降水量

当日の日合計値

(5) 日射量

当日の日合計値をメガジュール(MJ/m²)単位に変換

(6) 風 向

毎正時の値の最頻値を16方位で表示

(7) 風 速

日平均：当日毎正時の値の算術平均値

日最大：当日の毎正時の最大値

表1 観測項目と観測方法の一覧

項 目	センサー	ロガー	サンプル方法
気 温	CVS-HMP-155D	C-CR800 (Campbell社)	1 時間平均
湿 度	CVS-HMP-155D	C-CR800 (Campbell社)	1 時間平均
降 水 量	転倒マス型0.5mm／パルス	C-CR800 (Campbell社)	1 時間積算
日 射	CHF-LP02	C-CR800 (Campbell社)	1 時間平均
風向・風速	CYG-5103	C-CR800 (Campbell社)	ベクトル平均

*連絡者：上治雄介 筑波大学農林技術センター井川演習林
428-0504 静岡県静岡市葵区井川1621-2
E-mail：ueji.yusuke.fn@un.tsukuba.ac.jp

4 データロガーの回収

データロガーのデータ回収はパソコンにより行った。

観測データは演習林のWebサイトで公開中である(一部アクセス制限あり)。アドレスは以下のとおりである。

http://www.nourin.tsukuba.ac.jp/~forest/kishou_data.html

5 計算および平均値の取り扱い

- (1) 計算はすべて四捨五入法による
- (2) 日平均は、20%以上記録が欠けている場合は欠測とし、「－」の記号を記入
- (3) 月合計・平均は20%以上記録が欠けている場合は「－」の記号を記入

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(井川演習林)

観測地点：総合気象 I 2015年 1月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-4.1	-1.1	-7.8	-5.0	—	4.3	82.4	39.8	55.3	3.2	1.2	SSW	冬季のため降水量の観測 休止(3/31まで)
2	-5.7	0.0	-8.1	-5.5	—	8.9	73.2	30.2	49.0	2.0	1.1	NNE	
3	-3.3	2.9	-7.7	-3.1	—	8.7	67.7	28.6	44.4	2.7	1.1	SSW	
4	3.3	4.0	-3.5	0.8	—	4.6	64.2	21.4	47.1	2.1	1.1	NE	
5	-2.8	7.5	-2.8	0.5	—	8.7	74.4	34.2	58.6	1.6	0.7	NE	
6	0.4	4.9	-1.0	1.2	—	0.5	99.2	44.0	74.7	2.3	0.9	NE	
7	-2.3	4.7	-3.5	-0.9	—	9.0	81.4	48.9	66.7	2.5	0.9	NNE	
8	-4.9	4.6	-5.7	-2.3	—	8.7	77.9	40.6	60.8	1.6	0.9	NE	
9	-2.4	6.1	-4.3	-1.7	—	8.7	53.2	18.6	39.4	1.9	1.1	SSW	
10	-1.0	1.1	-2.9	-1.2	—	8.7	47.0	24.9	37.8	2.5	1.5	NNE	
11	-2.6	1.1	-4.0	-2.4	—	5.5	84.8	46.6	61.5	2.1	1.1	SSW	
12	-5.8	2.4	-5.9	-3.1	—	8.4	50.7	23.3	35.8	2.8	1.3	NNE	
13	-4.7	6.4	-6.1	-1.7	—	8.3	61.8	25.8	46.5	1.6	0.5	NE	
14	-0.5	6.9	-3.0	1.2	—	4.9	74.4	33.0	54.7	1.4	0.5	N	
15	0.9	3.4	-0.2	1.0	—	0.6	99.4	65.1	89.7	2.6	0.6	NNE	
16	-0.1	6.8	-1.1	1.3	—	9.0	98.2	66.8	87.6	1.9	0.8	SSW	
17	-1.7	1.0	-5.7	-2.1	—	4.6	95.2	31.0	54.9	3.8	2.0	SSW	
18	-5.0	4.7	-7.7	-2.7	—	8.8	66.7	28.1	47.0	5.0	1.1	SSW	
19	-1.0	0.8	-3.2	-0.9	—	3.7	65.3	11.5	50.7	2.7	1.2	SSW	
20	-4.8	5.7	-4.8	-1.1	—	9.2	82.4	34.8	58.5	1.7	0.9	NE	
21	-0.2	6.6	-2.8	0.9	—	7.7	84.1	54.3	74.7	1.8	0.6	SSW	
22	0.1	1.8	-0.3	0.6	—	0.4	99.4	71.7	95.6	1.4	0.4	NE	
23	0.3	5.9	-2.4	1.1	—	10.5	99.5	41.9	75.4	1.8	0.9	SSW	
24	-3.5	4.1	-4.8	-1.2	—	9.2	92.4	51.5	76.7	2.4	0.9	NE	
25	-2.7	5.6	-3.0	0.1	—	7.8	76.1	40.6	61.3	1.9	1.0	SSW	
26	-1.5	7.8	-2.1	1.6	—	7.0	98.8	42.6	74.4	1.8	0.6	SSW	
27	1.5	9.3	0.0	3.2	—	9.2	99.5	46.1	78.1	1.9	0.7	NE	
28	-3.4	1.2	-7.0	-2.4	—	8.7	66.2	29.8	47.4	1.8	0.7	SSW	
29	-7.6	1.0	-8.8	-4.0	—	7.5	86.4	43.3	66.0	1.9	0.6	SSW	
30	-0.6	2.3	-2.9	-0.3	—	1.1	99.3	74.3	94.7	1.3	0.4	NNE	
31	-2.3	0.3	-8.3	-3.1	—	11.8	77.3	33.3	57.7	1.9	1.0	SSW	
合計					—	214.4							
平均	-2.2	3.9	-4.2	-1.0		6.9	79.9	39.6	62.0	2.2	0.9		

観測地点：総合気象 I 2015年 2月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-6.5	2.0	-8.9	-4.8	—	11.5	69.7	29.6	49.8	1.9	1.1	NNE	冬季のため降水量の観測 休止(3/31まで)
2	-6.2	3.3	-7.6	-3.4	—	11.6	85.8	38.7	60.0	2.1	0.8	SSW	
3	-5.1	3.9	-6.4	-2.6	—	10.9	90.7	47.7	70.1	2.2	0.8	SSW	
4	-4.6	3.9	-6.3	-2.4	—	12.6	92.2	45.9	76.9	2.1	0.6	SSW	
5	-3.7	0.4	-4.5	-2.9	—	1.1	99.2	78.3	94.1	1.2	0.5	SSW	
6	-5.1	3.6	-7.0	-3.3	—	8.3	93.3	42.3	75.5	2.1	0.9	NE	
7	-4.8	4.1	-6.4	-2.4	—	8.5	82.4	55.3	72.3	2.3	0.8	SSW	
8	-0.6	0.4	-6.2	-1.4	—	0.8	97.8	63.8	77.4	1.8	0.8	SSW	
9	-7.1	-1.9	-8.6	-6.6	—	12.1	70.2	33.5	51.8	3.6	1.4	NNE	
10	-4.8	1.8	-8.8	-4.2	—	12.0	72.1	29.0	48.6	3.1	1.6	SSW	
11	-4.1	7.0	-6.0	-1.2	—	11.8	63.0	30.5	49.1	1.6	0.9	SSW	
12	0.9	4.9	-3.1	-0.2	—	10.4	72.6	34.4	49.6	2.1	1.3	NNE	
13	-4.4	-1.7	-8.5	-4.7	—	13.3	75.6	31.6	45.3	2.6	1.5	SSW	
14	-4.4	0.4	-6.7	-3.4	—	11.7	61.8	22.8	39.2	3.8	2.0	NNE	
15	0.3	6.8	-2.4	0.7	—	13.6	67.8	16.5	43.1	3.1	1.4	NNE	
16	-2.3	9.5	-4.2	0.6	—	13.6	54.4	14.7	39.5	1.4	0.5	SSW	
17	-2.1	0.7	-2.7	-0.7	—	1.8	99.8	52.7	86.4	0.9	0.3	NE	
18	-1.8	4.1	-3.4	-1.3	—	7.3	99.4	58.9	79.3	1.7	0.5	NE	
19	-3.5	3.5	-4.9	-1.4	—	8.0	79.4	39.6	59.7	2.2	0.8	NNE	
20	-3.9	6.1	-5.1	-1.1	—	13.9	81.5	33.8	58.8	2.1	0.9	SSW	
21	-3.1	7.3	-5.1	0.3	—	13.4	89.4	51.2	71.0	1.9	0.7	S	
22	2.2	4.5	0.0	2.4	—	2.6	99.4	85.8	93.8	1.2	0.5	NE	
23	9.6	11.6	2.6	7.2	—	6.1	99.2	41.3	64.8	3.7	1.3	NNE	
24	3.2	8.3	0.5	3.9	—	8.3	87.3	14.6	54.1	1.6	0.9	NE	
25	2.5	9.3	-0.7	2.6	—	12.4	90.2	48.7	75.2	2.1	1.0	SSW	
26	1.2	4.9	-0.2	1.0	—	1.3	99.3	78.3	92.7	1.4	0.4	NE	
27	-0.1	6.0	-3.5	1.2	—	15.1	65.3	24.9	44.5	3.1	1.7	SSW	
28	-3.2	6.6	-4.9	-0.3	—	13.6	83.1	27.3	49.9	2.1	0.8	SSW	
合計					—	267.6							
平均	-2.2	4.3	-4.6	-1.0		9.6	82.9	41.8	63.3	2.2	0.9		

観測地点：総合気象 I 2015年 3月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	-0.1	5.3	-1.3	0.4	—	0.3	99.6	74.0	95.2	2.1	0.4	SSW	冬季のため降水量の観測 休止(3/31まで)
2	1.1	7.4	-1.7	2.0	—	14.7	90.5	31.6	59.5	2.6	1.2	SSW	
3	-0.3	4.7	-3.5	0.0	—	7.6	99.0	56.7	81.1	1.9	0.6	SSW	
4	4.5	10.9	-0.2	4.9	—	15.1	99.3	13.2	52.0	3.1	1.3	S	
5	0.3	7.5	-0.1	2.6	—	13.6	88.1	8.7	54.6	2.3	1.1	SSW	
6	0.5	4.6	-0.6	0.9	—	7.6	99.7	68.7	86.1	1.2	0.5	SSW	
7	1.7	6.3	-0.6	2.5	—	8.1	99.8	80.2	96.0	0.7	0.2	ENE	
8	3.3	10.4	2.0	4.1	—	11.0	98.5	58.6	84.9	2.2	0.6	E	
9	3.4	6.0	0.7	2.8	—	4.2	99.5	61.0	87.2	1.4	0.4	N	
10	0.4	2.6	-7.3	-2.2	—	7.8	99.4	41.6	59.7	4.0	1.8	SW	
11	-4.5	-1.7	-7.2	-5.0	—	8.1	81.1	37.2	53.7	6.0	2.3	SSW	
12	-2.4	1.5	-5.2	-2.3	—	17.2	63.3	33.7	48.2	2.5	1.8	SSW	
13	-1.3	3.6	-4.7	-0.9	—	12.0	79.9	33.0	48.3	2.5	1.6	SSW	
14	2.6	6.6	-3.1	0.6	—	13.1	89.1	36.3	58.8	1.7	1.0	SSW	
15	-0.1	9.9	-4.8	2.4	—	14.3	90.1	35.5	67.0	2.0	0.9	SSW	
16	6.4	12.4	3.5	6.7	—	8.2	98.9	43.3	77.7	1.9	0.7	S	
17	4.2	17.3	2.3	7.7	—	16.9	97.7	42.3	77.2	1.9	0.8	SSW	
18	9.4	16.4	5.2	9.3	—	12.2	99.1	23.6	54.5	1.7	0.8	NE	
19	7.2	10.1	6.0	7.8	—	1.9	99.7	94.3	98.1	2.1	0.7	NE	
20	6.7	10.1	5.0	6.9	—	6.7	98.8	89.4	94.5	1.6	0.6	SSW	
21	5.9	8.7	2.0	5.2	—	9.3	99.1	49.9	87.1	2.0	0.7	SSW	
22	4.5	11.8	0.7	4.8	—	13.8	98.9	22.1	63.2	2.9	1.2	SSW	
23	1.1	9.1	-3.1	1.6	—	18.8	64.8	26.4	40.9	2.6	1.5	SSW	
24	-2.6	5.0	-5.6	-2.6	—	11.6	86.2	21.9	48.6	2.7	1.2	NNE	
25	-3.0	6.6	-4.9	-1.1	—	14.9	60.3	20.5	40.7	2.1	0.9	NE	
26	-2.2	8.9	-4.8	0.7	—	18.8	85.6	26.2	54.5	2.1	0.9	SSW	
27	3.3	15.1	-1.4	5.5	—	19.0	63.2	18.8	40.2	2.5	0.9	E	
28	7.2	17.1	2.7	7.7	—	19.5	56.3	10.5	34.4	2.6	1.0	NE	
29	6.2	9.5	2.6	4.8	—	3.5	97.7	42.1	68.5	1.5	0.8	NNE	
30	5.7	17.1	2.3	7.9	—	17.8	85.0	41.0	63.7	2.3	0.8	NE	
31	6.3	19.0	2.2	8.7	—	17.8	86.4	34.3	62.9	1.9	0.7	E	
合計					—	365.8							
平均	2.4	9.0	-0.7	3.1		11.8	88.9	41.2	65.8	2.3	1.0		

観測地点：総合気象 I 2015年 4月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	8.5	13.8	5.1	10.0	1.5	5.4	97.5	57.3	77.4	3.0	1.1	SSW	降水量の観測再開
2	6.4	14.1	4.3	8.0	0.0	18.3	97.5	48.2	77.0	2.2	0.9	SSW	
3	8.3	14.4	4.2	9.8	10.5	1.8	99.9	86.6	97.6	2.3	0.9	SSW	
4	13.6	19.5	9.7	13.4	0.0	10.9	99.9	69.9	90.9	1.9	0.7	SSW	
5	9.2	11.4	9.0	9.9	0.0	1.5	100.0	99.9	100.0	1.1	0.4	SSW	
6	16.2	19.6	11.6	15.1	0.0	7.7	99.8	59.0	80.3	3.7	1.2	SSW	
7	12.7	14.3	5.6	9.8	0.0	0.9	100.0	79.9	98.0	1.6	0.9	SSW	
8	4.1	5.2	2.1	3.8	0.0	2.7	100.0	99.0	99.8	1.2	0.5	SSW	
9	2.5	6.2	0.9	2.7	0.0	8.8	100.0	83.9	97.9	1.3	0.5	SSW	
10	3.6	5.7	0.4	2.9	0.0	4.9	100.0	84.6	95.0	1.1	0.3	SSW	
11	6.3	10.2	3.6	6.6	0.0	7.2	100.0	91.2	98.3	1.8	0.5	SSW	
12	5.4	12.1	2.5	6.6	0.0	14.8	99.0	62.8	84.4	1.8	0.8	SSW	
13	3.8	6.3	3.8	4.8	0.0	2.1	100.0	73.7	95.0	2.3	0.5	SSW	
14	10.9	11.3	6.8	9.1	1.0	3.9	100.0	85.1	98.9	1.4	0.5	SSW	
15	4.6	6.7	2.3	4.4	0.0	4.7	99.3	55.0	85.2	4.2	1.1	SSW	
16	10.4	19.2	5.6	11.0	0.0	18.1	63.1	19.4	43.3	2.2	1.3	NNE	
17	8.0	14.8	4.6	8.1	0.5	7.8	93.1	20.5	52.5	2.4	1.2	SSW	
18	4.8	15.5	1.3	7.6	0.0	21.2	71.2	15.9	38.9	5.1	1.4	NNE	
19	11.5	13.9	6.6	9.2	2.0	7.3	98.5	26.6	66.3	2.5	0.7	NNE	
20	8.0	14.4	7.2	11.0	17.5	3.3	100.0	86.4	97.9	1.9	1.1	SSW	
21	15.2	21.2	9.1	14.7	0.0	18.8	100.0	62.6	87.8	2.4	0.9	SSW	
22	9.6	14.4	6.6	9.5	0.0	14.2	99.9	40.9	77.7	1.9	0.8	SSW	
23	9.6	16.2	5.9	10.0	0.0	14.9	81.1	44.8	66.3	2.0	0.8	E	
24	8.8	18.3	5.8	10.9	0.0	20.1	83.4	28.6	61.9	1.8	1.1	SSW	
25	10.1	16.3	6.0	10.3	0.0	18.4	91.7	43.7	65.4	2.4	1.2	SSW	
26	7.5	15.8	4.0	9.2	0.0	19.2	89.5	51.0	71.6	2.4	1.1	E	
27	12.4	20.4	7.3	12.5	0.0	16.5	92.6	32.2	61.4	2.0	0.9	SSW	
28	14.5	20.0	9.5	13.4	0.0	16.0	83.8	38.9	56.5	2.5	1.1	SSW	
29	11.7	17.3	7.8	11.2	0.0	17.2	92.2	53.2	72.7	2.1	0.9	SSW	
30	13.7	19.7	6.7	11.8	0.0	19.1	95.7	35.8	69.9	2.3	0.9	SSW	
合計					33.0	327.6							
平均	9.1	14.3	5.5	9.2		10.9	94.3	57.9	78.9	2.2	0.9		

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(井川演習林)

観測地点：総合気象 I 2015年 5月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	12.4	21.2	7.0	12.9	0.0	22.3	86.2	26.2	53.4	2.3	1.0	SSW	
2	14.5	21.7	9.6	14.2	0.0	22.0	84.6	26.8	59.1	2.5	1.0	SSW	
3	12.0	20.0	8.3	13.2	0.0	19.5	97.5	47.4	69.5	2.5	0.9	SSW	
4	12.8	13.2	10.5	11.9	4.0	4.8	99.9	87.0	96.7	1.4	0.5	SSW	
5	13.5	17.6	8.3	12.5	0.0	20.1	98.6	63.2	79.8	2.6	1.1	SSW	
6	11.7	17.0	6.0	11.1	0.0	18.8	92.7	54.5	76.9	2.3	0.9	SSW	
7	12.4	16.7	8.5	11.1	0.0	10.2	94.1	41.8	71.6	2.6	0.7	SSW	
8	12.8	16.7	8.1	12.1	0.0	13.3	90.2	45.1	71.1	2.0	0.9	SSW	
9	13.2	13.5	7.8	11.0	0.0	5.0	96.2	40.7	75.9	1.4	0.6	NE	
10	11.8	22.0	7.0	12.8	0.0	22.8	84.7	21.6	53.7	2.6	1.1	SSW	
11	9.9	16.0	5.2	9.8	0.0	20.6	89.9	51.1	70.3	2.5	1.0	SSW	
12	10.5	13.8	6.3	10.0	40.0	6.7	99.8	70.9	90.4	2.2	0.7	NNE	
13	12.6	19.3	11.4	14.5	0.0	22.4	96.7	24.8	41.3	3.5	1.7	SSW	
14	15.3	23.7	11.9	16.8	0.0	20.2	58.8	15.5	36.4	2.4	1.2	S	
15	15.8	23.7	14.3	17.8	0.0	16.2	96.4	47.8	71.0	2.2	0.9	SSW	
16	14.8	20.1	11.4	15.2	3.5	9.7	99.2	67.1	91.3	1.4	0.8	SSW	
17	13.4	18.6	8.9	13.1	0.0	17.9	97.7	49.5	72.1	2.4	1.0	SSW	
18	13.9	21.3	7.8	13.0	7.0	16.7	99.6	34.2	69.1	2.0	0.9	SSW	
19	15.2	20.0	9.5	14.9	19.5	7.0	100.0	64.1	83.5	2.3	1.0	S	
20	14.6	24.7	9.5	15.7	0.0	22.5	71.6	25.1	50.1	2.7	1.0	SSW	
21	11.0	14.4	5.2	10.2	2.0	10.8	97.4	50.4	74.9	2.3	0.9	SSW	
22	11.4	21.7	6.4	12.4	0.0	21.9	73.4	14.2	47.5	2.0	0.9	SSW	
23	15.6	20.3	8.3	13.6	0.0	17.8	83.6	32.9	54.4	1.6	0.7	SSW	
24	12.9	21.4	10.1	14.7	0.0	22.8	96.2	34.7	69.0	2.2	0.8	N	
25	17.0	19.6	11.3	15.0	0.0	15.5	88.0	37.2	63.0	3.0	0.9	SSW	
26	15.4	22.1	10.5	15.5	0.0	15.9	88.3	50.1	72.7	1.6	0.8	SSW	
27	17.4	25.3	11.6	17.4	0.0	22.7	85.1	32.5	58.8	2.4	1.0	SSW	
28	15.9	22.1	12.0	15.9	0.0	18.6	86.5	50.4	70.4	2.2	0.8	SSW	
29	17.6	20.3	13.1	16.6	0.0	8.3	72.3	31.9	55.4	4.2	1.8	NNE	
30	16.9	24.3	12.8	18.0	0.0	17.6	84.2	51.0	68.8	2.3	0.9	SSW	
31	19.1	23.9	15.1	18.5	0.0	12.6	91.4	54.5	72.6	2.3	0.8	SSW	
合計					76.0	503.3							
平均	14.0	19.9	9.5	13.9		16.2	89.7	43.4	67.4	2.3	0.9		

観測地点：総合気象 I 2015年 6月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	17.6	20.1	13.3	16.2	0.0	13.7	91.4	60.3	80.1	2.2	0.8	SSW	
2	16.0	21.4	11.7	16.2	0.0	15.4	97.0	55.8	78.3	1.9	0.8	SSW	
3	14.8	18.1	13.5	15.6	16.0	5.0	99.4	53.7	84.8	2.9	0.8	SSW	
4	16.9	23.6	10.4	15.5	0.0	21.7	76.2	31.3	50.2	2.2	1.1	SSW	
5	15.0	15.0	6.6	10.6	6.0	5.7	99.6	62.3	82.6	1.2	0.5	NNE	
6	12.3	18.1	7.0	12.4	2.0	16.5	100.0	71.5	94.2	1.8	0.7	SSW	
7	12.7	14.1	9.7	11.6	0.0	6.2	99.8	77.2	91.9	2.0	0.8	SSW	
8	13.4	15.8	8.7	12.1	0.0	9.5	99.5	54.7	85.2	1.6	0.4	N	
9	14.2	17.3	10.8	14.0	0.0	6.5	99.8	51.2	91.7	2.0	0.6	NE	
10	15.5	22.1	11.4	15.9	0.0	21.2	98.1	41.9	73.2	2.3	0.9	SSW	
11	17.4	20.0	13.3	15.8	0.0	13.5	99.0	68.3	86.9	1.5	0.5	SSW	
12	17.2	25.0	14.2	17.5	0.0	15.5	99.6	49.3	83.5	2.1	0.8	NE	
13	16.6	22.6	13.5	17.4	0.0	16.3	93.2	55.3	73.9	2.1	1.0	SSW	
14	16.8	21.5	12.7	16.3	0.0	13.8	98.2	55.9	79.6	1.4	0.6	SSW	
15	18.0	24.4	13.0	17.4	0.0	17.0	86.8	48.0	69.9	2.0	0.9	SSW	
16	16.3	18.0	14.3	15.7	0.0	6.1	98.4	64.8	81.8	0.8	0.3	SSW	
17	16.8	17.7	11.9	14.5	7.0	7.2	98.9	77.4	92.0	1.6	0.6	SSW	
18	13.2	15.0	11.0	12.6	3.5	3.9	98.7	88.8	96.6	1.9	0.6	NE	
19	13.7	15.7	10.8	13.7	0.0	8.2	96.8	73.3	83.5	2.4	1.4	NNE	
20	15.8	18.8	11.9	14.4	0.0	10.2	99.8	73.9	91.3	1.7	0.6	SSW	
21	14.3	15.4	12.1	13.6	3.5	6.7	99.7	91.5	98.0	1.1	0.5	SSW	
22	14.6	19.4	11.2	14.6	0.0	12.7	99.6	69.7	90.8	1.8	0.7	SSW	
23	16.2	22.5	12.0	15.6	12.0	15.2	98.7	58.8	86.3	2.2	1.0	SSW	
24	15.3	22.5	11.2	15.6	0.0	15.0	98.6	63.1	86.7	2.0	0.9	SSW	
25	17.1	23.7	12.9	16.6	0.0	15.9	93.1	50.8	79.9	2.7	0.9	SSW	
26	17.7	17.7	13.1	14.3	0.0	5.0	99.8	71.8	90.2	1.2	0.4	SSW	
27	19.6	25.1	13.5	18.2	0.0	17.2	99.9	53.7	74.4	2.3	1.2	NE	
28	18.2	26.2	13.2	17.9	0.0	21.4	91.6	44.4	68.7	1.9	0.9	S	
29	16.8	19.9	13.8	15.6	0.0	13.5	99.5	70.2	89.2	2.0	0.7	SSW	
30	15.3	18.7	11.7	14.4	1.0	10.8	98.8	71.3	87.3	1.8	0.8	SSW	
合計					51.0	366.6							
平均	15.8	19.8	11.8	15.1		12.2	97.0	62.0	83.4	1.9	0.8		

観測地点：総合気象 I 2015年 7月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	15.3	20.7	11.8	16.8	1.0	2.8	100.0	70.5	91.1	2.1	0.9	S	
2	16.2	22.0	14.9	17.8	0.0	12.6	96.8	70.1	84.0	2.2	0.9	SSW	
3	15.8	16.9	14.3	15.8	7.0	2.3	100.0	94.1	99.4	2.4	0.9	NNE	
4	15.7	17.8	12.8	14.5	0.0	4.8	99.9	90.4	97.2	1.5	0.6	NE	
5	14.7	16.3	12.6	14.4	0.0	5.8	99.9	90.9	97.9	0.8	0.3	SSW	
6	15.7	16.2	13.9	15.1	0.0	4.2	100.0	97.5	99.4	1.9	0.5	SSW	
7	16.7	18.0	12.8	15.4	0.0	8.3	99.3	88.8	97.1	1.7	0.4	ENE	
8	17.8	20.0	14.7	17.1	0.0	5.8	99.7	86.4	97.2	1.9	0.6	SSW	
9	18.2	19.4	16.6	17.5	0.0	4.2	100.0	96.4	99.3	1.3	0.5	SSW	
10	17.3	24.0	15.5	18.1	0.0	12.8	100.0	76.2	94.2	1.6	0.7	SSW	
11	17.3	27.6	13.9	19.3	0.0	22.4	98.4	57.7	83.6	1.9	0.8	SSW	
12	19.0	28.0	15.1	20.0	0.0	20.9	97.1	58.2	83.8	2.1	0.8	SSW	
13	19.9	27.8	17.1	21.1	0.0	21.1	96.7	46.5	77.8	3.0	1.2	SSW	
14	19.8	29.7	17.5	21.3	0.0	22.2	96.0	48.7	78.8	2.3	0.9	SSW	
15	18.8	27.3	15.4	19.2	1.0	14.0	98.7	44.1	81.1	2.6	0.8	SSW	
16	18.8	19.7	17.0	18.4	107.0	2.4	100.0	99.1	99.6	3.6	1.3	S	
17	19.4	19.5	17.0	18.0	1.0	4.9	100.0	91.8	97.8	2.6	1.1	S	
18	17.9	20.5	17.2	18.3	0.0	6.1	100.0	87.0	97.2	1.6	0.7	S	
19	19.1	24.5	16.4	19.8	0.0	10.1	99.4	66.6	89.4	1.5	0.6	SSW	
20	22.2	30.9	16.9	22.2	0.0	23.0	94.5	51.3	74.6	2.0	0.8	SSW	
21	19.4	28.4	16.2	20.8	0.0	22.2	97.1	53.9	79.6	2.3	0.7	SSW	
22	19.8	21.7	15.8	18.1	1.0	5.9	100.0	74.5	93.1	1.2	0.6	SSW	
23	18.4	19.2	18.1	18.6	1.0	3.0	100.0	90.7	98.4	1.5	0.6	SSW	
24	21.3	29.5	18.2	21.9	0.0	17.1	96.1	50.3	78.9	1.8	0.8	NE	
25	21.3	31.1	18.2	22.4	0.0	21.9	78.3	32.8	64.7	1.9	0.8	ENE	
26	22.3	32.0	17.6	22.9	0.0	20.1	75.2	37.9	62.3	1.8	0.8	SSW	
27	21.9	30.6	18.1	22.9	0.0	19.6	97.7	50.3	72.5	2.0	0.7	SSW	
28	24.0	29.1	19.8	22.7	0.0	17.4	97.2	62.3	86.5	1.8	0.6	SSW	
29	22.7	26.5	19.6	21.7	0.0	11.3	99.1	74.2	91.3	1.5	0.5	SSW	
30	21.1	29.2	17.7	21.5	0.0	12.5	99.4	66.2	88.6	1.4	0.6	SSW	
31	21.5	29.5	18.7	22.5	0.0	14.4	96.9	64.2	86.2	1.4	0.7	SSW	
合計					119.0	376.0							
平均	19.0	24.3	16.2	19.2		12.1	97.2	70.0	87.8	1.9	0.7		

観測地点：総合気象 I 2015年 8月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	22.1	30.8	18.4	21.6	1.0	16.3	97.9	58.9	86.9	2.2	0.6	ENE	
2	20.6	31.4	17.5	22.7	0.0	21.4	97.6	56.7	80.6	2.0	0.6	SSW	
3	20.0	30.8	16.3	21.9	0.0	20.5	98.0	53.2	82.6	2.2	0.7	SSW	
4	20.2	30.2	17.0	20.4	4.0	16.1	99.6	56.5	89.2	2.5	0.7	E	
5	18.2	30.2	15.2	21.1	0.5	22.4	99.9	53.4	85.8	2.3	0.8	SSW	
6	20.4	30.6	16.8	20.5	6.0	16.5	99.2	56.2	87.5	2.1	0.8	SSW	
7	20.1	29.8	16.8	20.4	0.5	12.4	99.3	60.5	88.8	1.4	0.6	ENE	
8	21.2	29.3	17.4	21.5	0.0	15.2	99.6	59.1	87.9	1.9	0.7	SSW	
9	19.3	30.0	17.2	21.2	0.0	20.8	99.6	48.5	83.4	2.2	0.8	SSW	
10	20.6	29.3	17.0	21.2	0.0	14.5	98.6	51.0	80.6	1.7	0.8	SSW	
11	21.5	29.8	17.3	21.5	0.0	14.7	98.1	56.9	85.5	2.0	0.7	SSW	
12	21.0	31.3	17.4	21.3	0.0	15.9	95.1	38.2	78.1	2.0	0.7	SSW	
13	17.3	22.8	15.8	19.0	15.0	9.5	99.5	65.4	92.6	1.5	0.6	NNE	
14	20.9	31.1	17.6	21.7	0.0	15.7	99.2	52.2	81.8	2.1	0.9	ENE	
15	18.6	28.2	16.3	20.1	0.0	13.3	94.8	56.2	79.4	2.1	0.9	SSW	
16	19.3	25.8	15.7	19.7	0.0	12.9	98.0	62.2	86.5	2.1	0.8	SSW	
17	16.7	19.0	15.4	17.5	110.0	1.5	100.0	93.8	99.5	2.4	0.5	NNE	
18	18.1	26.4	16.6	20.0	0.0	15.9	100.0	71.1	89.7	1.9	0.9	SSW	
19	19.2	27.3	16.3	20.0	0.0	15.5	98.5	58.9	84.7	1.2	0.5	SSW	
20	18.2	21.6	16.4	18.3	12.0	5.3	99.9	92.6	97.8	1.4	0.4	SSW	
21	20.5	22.1	15.7	18.8	0.0	7.4	99.4	82.5	94.3	1.2	0.5	SSW	
22	20.4	30.8	17.2	21.7	0.0	17.7	99.1	55.9	87.1	1.5	0.6	NE	
23	22.5	25.9	19.0	20.9	0.0	9.6	99.8	77.0	92.5	1.3	0.7	SSW	
24	19.6	21.7	16.8	19.0	1.0	6.9	100.0	83.1	96.2	1.5	0.6	SSW	
25	17.7	17.7	14.5	16.1	22.5	3.7	100.0	96.9	99.4	1.5	0.5	SSW	
26	18.3	21.8	14.7	17.8	33.5	8.4	100.0	83.8	96.9	1.4	0.7	SSW	
27	19.8	26.4	16.0	19.5	0.0	14.0	99.6	65.7	91.0	1.5	0.7	SSW	
28	20.0	24.2	17.5	18.9	1.0	7.0	100.0	74.5	95.4	1.4	0.4	SSW	
29	17.8	18.2	16.6	17.2	0.0	3.3	100.0	97.3	99.4	1.3	0.4	SSW	
30	16.8	18.2	16.0	16.9	21.0	2.6	100.0	99.2	99.9	1.5	0.7	SSW	
31	18.6	25.0	16.4	18.8	0.0	9.9	100.0	70.6	93.7	1.8	0.7	SSW	
合計					228.0	386.8							
平均	19.5	26.4	16.6	19.9		12.5	99.0	67.4	89.5	1.8	0.7		

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(井川演習林)

観測地点：総合気象 I 2015年 9月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	15.9	18.4	15.9	17.0	54.0	2.7	100.0	98.1	99.4	2.3	0.7	NNE	
2	18.6	27.5	14.6	19.1	21.0	12.3	100.0	65.8	91.2	1.6	0.8	SSW	
3	18.8	21.5	14.5	17.1	0.0	4.0	100.0	73.0	89.8	1.6	0.6	NE	
4	14.9	26.0	13.0	17.4	0.0	17.3	100.0	45.8	81.5	3.3	1.1	NE	
5	15.9	25.9	11.3	16.8	0.0	15.6	97.1	56.1	83.7	1.9	0.8	SSW	
6	17.1	18.3	13.0	14.7	2.0	3.3	100.0	75.3	93.5	1.3	0.5	NE	
7	18.3	23.3	15.7	18.0	0.0	10.2	100.0	77.3	96.1	1.5	0.6	SSW	
8	15.9	16.4	14.8	15.6	0.0	2.0	100.0	94.1	99.1	3.3	1.3	NNE	
9	15.5	19.9	14.3	16.5	36.0	4.7	100.0	88.8	97.1	3.7	1.4	NNE	
10	16.2	22.3	13.9	17.1	0.0	7.0	99.8	72.6	92.9	1.3	0.6	SSW	
11	13.1	25.6	11.8	16.1	0.0	12.7	100.0	55.4	91.0	1.9	0.7	ENE	
12	13.7	25.9	11.7	16.4	0.0	14.8	100.0	58.6	88.2	1.9	0.8	SSW	
13	13.1	24.5	11.4	14.9	0.0	9.0	97.9	52.3	85.1	1.9	0.8	NNE	
14	12.9	24.2	10.2	15.0	0.0	15.1	98.0	52.2	86.9	2.2	0.9	SSW	
15	15.8	22.8	11.3	15.3	0.0	11.8	98.8	57.4	86.9	1.9	0.7	SSW	
16	15.1	19.2	11.3	13.9	0.0	5.6	100.0	69.8	92.3	2.0	0.7	SSW	
17	14.4	15.4	12.0	14.0	0.0	2.8	100.0	99.7	100.0	1.2	0.4	NNE	
18	15.7	22.4	12.7	15.8	7.0	7.4	100.0	74.6	97.6	1.7	0.6	ENE	
19	12.6	24.9	11.2	15.7	0.0	14.5	100.0	60.2	91.3	1.6	0.8	ENE	
20	15.3	22.7	12.8	16.1	0.0	12.4	98.5	66.0	88.3	2.0	0.8	SSW	
21	15.6	21.0	11.6	15.4	0.0	11.0	99.4	66.5	90.4	1.7	0.7	SSW	
22	14.5	24.5	11.0	15.7	0.0	10.7	99.4	55.8	87.9	2.0	0.8	SSW	
23	12.6	23.2	10.3	14.5	0.0	13.1	99.8	58.5	87.6	1.7	0.8	SSW	
24	13.3	13.9	9.1	11.5	0.0	3.7	100.0	74.0	89.8	1.2	0.4	SSW	
25	13.4	15.1	11.6	13.5	0.0	2.9	100.0	99.7	100.0	1.8	0.4	NNE	
26	15.9	23.5	13.8	16.1	0.0	9.7	100.0	74.1	96.0	1.9	0.6	SSW	
27	17.0	21.5	14.0	16.5	0.0	10.0	100.0	72.9	93.3	1.2	0.6	SSW	
28	12.4	25.0	11.7	15.8	0.0	15.4	100.0	54.9	88.8	1.6	0.7	SSW	
29	13.5	20.0	9.8	14.0	0.0	11.6	97.9	69.9	85.6	2.2	0.8	SSW	
30	11.2	19.5	8.3	12.2	0.0	11.0	98.0	59.6	85.1	1.6	0.7	SSW	
合計					120.0	284.2							
平均	14.9	21.8	12.3	15.6		9.5	99.5	69.3	91.2	1.9	0.7		

観測地点：総合気象 I 2015年 10月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	13.3	14.0	7.3	11.2	0.0	2.1	100.0	62.4	89.0	1.1	0.4	SSW	
2	16.2	25.1	9.1	15.9	11.0	13.1	99.9	47.8	73.4	2.5	1.1	SSW	
3	11.7	24.7	8.0	14.1	0.0	15.3	87.7	13.2	43.4	2.4	1.4	SSW	
4	11.1	23.1	8.6	13.6	0.0	13.9	94.9	32.0	67.5	2.2	0.9	SSW	
5	13.3	16.9	9.5	12.2	0.0	8.7	99.7	71.4	90.3	1.8	0.7	SSW	
6	10.1	19.9	6.6	11.2	4.0	13.5	100.0	53.9	88.4	2.0	0.7	SSW	
7	5.4	19.5	3.3	8.6	0.0	14.1	99.7	39.2	77.2	1.4	0.8	NE	
8	6.4	20.7	3.5	9.5	0.0	13.8	84.0	37.4	65.4	2.0	1.1	NNE	
9	8.3	18.6	5.4	10.3	0.0	10.7	87.8	51.6	70.7	1.7	1.0	NE	
10	11.7	13.9	7.3	10.0	0.5	4.5	99.4	57.6	74.5	1.7	0.7	NE	
11	11.0	13.6	8.7	11.2	24.5	3.7	100.0	49.2	78.3	1.9	0.8	SSW	
12	7.8	18.6	6.3	10.0	0.0	13.3	77.8	31.5	62.8	1.6	1.0	NE	
13	9.0	20.8	6.5	10.5	0.0	13.1	92.4	30.9	68.8	1.8	1.0	NE	
14	10.0	18.9	5.6	10.0	0.0	12.6	98.6	53.6	84.1	2.2	0.6	SSW	
15	7.2	17.1	4.6	9.1	0.0	7.6	96.2	54.9	84.7	1.5	0.8	SSW	
16	9.2	18.0	6.1	10.8	0.0	7.3	94.9	63.8	82.0	1.9	0.8	E	
17	13.1	18.3	8.9	12.4	0.0	7.6	96.1	55.7	84.9	1.5	0.5	E	
18	10.4	22.8	8.1	12.5	0.0	9.9	94.7	55.2	82.3	1.8	0.8	NE	
19	9.5	21.5	7.3	11.7	0.0	11.6	96.8	52.6	80.3	2.1	0.8	ENE	
20	8.3	19.0	6.1	10.8	0.0	10.7	95.6	54.7	83.2	1.3	0.6	E	
21	12.1	20.7	7.5	11.5	0.0	12.1	93.7	50.6	81.3	2.2	0.8	SSW	
22	9.7	21.3	5.6	11.5	0.0	11.7	95.4	48.6	73.6	1.9	0.8	SSW	
23	9.5	18.9	7.6	11.4	0.0	10.8	98.8	59.4	88.2	1.6	0.7	SSW	
24	10.0	20.9	6.3	11.9	0.0	11.3	93.0	25.5	61.8	1.9	1.0	NNE	
25	8.7	19.0	4.9	10.0	0.0	11.8	87.0	45.6	66.4	2.5	1.1	NE	
26	6.3	18.6	3.2	8.1	0.0	11.7	93.1	48.8	80.3	1.8	0.8	ENE	
27	8.6	19.6	3.8	9.7	0.0	9.9	91.4	40.0	72.7	3.3	1.1	SSW	
28	10.9	23.1	9.6	13.0	2.0	11.5	99.7	50.3	81.8	1.9	0.7	SSW	
29	10.9	19.8	7.1	10.8	0.0	9.9	98.7	54.9	88.9	2.0	0.7	SSW	
30	11.3	16.2	6.1	9.1	0.0	11.6	92.7	28.3	52.7	3.4	1.2	SSW	
31	6.5	17.5	2.5	7.1	0.0	8.9	84.0	28.8	60.5	2.1	0.8	SSW	
合計					42.0	328.0							
平均	9.9	19.4	6.5	11.0		10.6	94.3	46.8	75.5	2.0	0.9		

観測地点：総合気象 I 2015年 11月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	2.8	16.1	0.3	5.8	0.0	10.5	91.2	44.6	78.8	1.6	0.9	NNE	
2	6.7	11.7	4.9	7.7	23.0	2.7	100.0	60.8	90.4	2.0	0.7	NE	
3	7.2	17.7	5.2	8.3	0.0	9.5	89.1	58.2	76.4	2.1	0.9	ENE	
4	5.1	18.6	2.8	7.4	0.0	10.7	92.0	47.9	72.7	1.7	0.8	ENE	
5	6.8	19.9	4.0	8.6	0.0	10.9	94.3	40.3	63.9	1.7	0.8	ENE	
6	8.6	21.4	5.0	9.7	0.0	10.4	87.1	35.0	64.7	1.6	0.7	E	
7	8.7	18.8	6.2	9.7	0.0	7.0	94.1	51.6	83.3	1.8	0.5	S	
8	8.6	11.2	8.0	9.5	6.0	1.2	100.0	86.8	97.9	1.2	0.4	NE	
9	13.8	16.7	11.3	13.2	2.0	3.6	100.0	94.2	98.5	1.5	0.8	S	
10	11.9	20.3	8.2	11.4	2.5	7.5	99.6	74.1	95.0	2.5	0.8	E	
11	7.9	18.0	5.6	8.9	0.0	12.0	99.9	59.7	91.6	2.0	0.7	SSW	
12	6.5	9.3	3.3	5.8	0.0	3.3	97.3	78.2	89.3	2.2	0.6	NE	
13	4.9	11.2	2.8	6.7	0.0	4.8	95.1	71.8	86.6	1.5	0.5	ENE	
14	6.7	9.8	6.2	7.9	5.5	1.8	100.0	94.9	99.1	1.2	0.5	NNE	
15	12.4	18.1	7.4	11.9	13.0	7.1	100.0	61.1	88.6	3.4	0.7	NE	
16	8.5	19.5	6.8	10.4	0.0	9.9	95.7	55.3	81.9	2.2	0.7	ENE	
17	12.8	19.0	8.0	11.4	0.0	6.3	99.8	61.8	86.7	1.5	0.6	NE	
18	11.0	13.0	9.2	11.0	0.0	2.1	100.0	92.4	98.2	1.4	0.5	NNE	
19	11.0	15.9	7.7	10.6	0.0	5.9	100.0	86.0	97.7	1.8	0.8	SSW	
20	7.6	14.3	5.2	8.2	0.0	4.4	100.0	59.6	93.4	1.4	0.6	ESE	
21	6.8	17.2	4.4	8.6	0.0	6.8	98.0	57.1	85.0	1.3	0.6	SSW	
22	9.5	16.9	6.1	9.1	0.0	7.1	98.8	63.9	89.5	1.8	0.7	SSW	
23	7.5	11.0	5.5	8.6	0.0	2.7	99.7	76.6	90.1	1.2	0.5	NE	
24	14.0	19.8	7.3	11.2	0.0	9.5	99.9	30.8	75.8	2.8	1.0	ENE	
25	8.0	11.8	6.2	8.0	0.0	3.1	100.0	78.4	93.2	1.5	0.5	SSW	
26	6.6	9.0	1.6	6.1	0.0	3.4	100.0	44.4	82.2	2.6	1.3	S	
27	-0.6	3.6	-1.2	0.6	0.0	7.1	69.1	40.0	49.3	2.2	1.5	SSW	
28	1.1	10.6	-1.2	2.8	0.0	7.7	68.3	36.5	57.7	1.6	1.1	NE	
29	1.8	7.9	0.0	2.6	0.0	4.3	91.1	50.4	68.8	1.8	0.8	E	
30	1.3	11.9	-0.8	3.3	0.0	8.0	90.1	43.0	67.6	1.7	0.9	NE	
合計					52.0	191.3							
平均	7.5	14.7	4.9	8.2		6.4	95.0	61.2	83.1	1.8	0.7		

観測地点：総合気象 I 2015年 12月 気象月報

井川演習林

日	気 温 ℃				降水量 mm	水平面日射量 MJ/m ²	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均			最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	2.8	11.4	0.9	4.2	—	7.9	92.4	48.1	70.8	1.9	0.7	SSW	冬季のため降水量の観測 休止
2	2.1	13.5	-0.5	5.5	—	7.9	94.0	51.7	79.2	1.8	0.7	SSW	
3	6.7	12.5	0.9	6.3	—	7.1	100.0	39.7	77.3	4.2	1.1	SSW	
4	-1.9	1.1	-1.9	-0.7	—	1.8	84.3	54.3	68.4	3.8	1.9	SSW	
5	1.0	8.6	0.1	2.6	—	7.4	65.2	36.2	54.5	4.0	1.7	SSW	
6	5.1	8.0	1.8	3.8	—	4.3	88.3	36.3	61.4	1.6	0.7	ENE	
7	1.3	10.1	0.0	3.5	—	6.8	94.1	56.3	74.1	1.8	0.7	NE	
8	1.9	10.8	-0.2	2.8	—	7.0	82.5	32.8	58.1	2.1	0.7	E	
9	0.5	10.3	-0.8	2.8	—	7.1	89.8	41.3	66.1	1.5	0.6	NE	
10	3.6	8.5	-0.4	4.4	—	2.7	100.0	58.1	78.5	1.1	0.4	NE	
11	13.6	13.6	6.0	10.4	—	1.8	100.0	74.2	89.6	3.1	1.4	SSW	
12	5.1	8.9	4.4	5.8	—	4.7	99.9	77.2	92.9	1.3	0.5	SSW	
13	5.3	7.8	4.2	5.6	—	3.0	100.0	95.0	99.0	1.2	0.2	N	
14	4.3	7.1	3.2	4.8	—	3.1	100.0	85.5	93.5	2.6	0.7	SSW	
15	7.0	11.4	4.8	7.4	—	3.4	99.8	75.4	87.1	1.4	0.7	NE	
16	10.7	12.6	2.9	8.6	—	5.8	91.2	19.5	53.2	3.0	1.4	SSW	
17	1.3	4.5	-2.6	0.5	—	4.3	66.2	36.6	55.2	1.9	0.8	SSW	
18	-3.2	5.8	-3.8	-0.7	—	7.2	81.6	28.6	56.5	1.6	0.8	ENE	
19	0.2	6.5	-2.2	0.8	—	7.1	77.5	41.5	61.6	2.1	1.0	NE	
20	-1.3	7.4	-2.4	1.8	—	7.2	90.5	55.2	70.2	2.0	1.0	NNE	
21	6.1	6.1	2.0	4.1	—	2.0	99.3	49.8	77.1	1.3	0.8	S	
22	1.5	8.5	0.5	3.4	—	6.8	93.1	58.0	75.7	1.9	0.9	E	
23	3.0	4.5	0.8	2.8	—	2.0	100.0	79.0	95.5	2.1	0.5	NNE	
24	3.8	11.3	2.2	5.2	—	6.6	100.0	72.0	95.1	1.5	0.5	S	
25	6.1	9.9	-0.6	4.2	—	7.1	97.2	24.3	54.5	1.8	1.0	NE	
26	0.8	4.6	-1.5	1.2	—	7.8	62.7	36.8	51.1	3.0	1.3	SSW	
27	2.7	5.1	-2.3	1.5	—	8.1	57.9	21.0	38.1	4.4	1.7	NNE	
28	-3.4	5.1	-4.4	-0.8	—	7.6	66.7	18.9	45.8	2.1	1.1	SSW	
29	-1.9	5.0	-2.9	-0.4	—	7.6	71.8	28.7	49.4	2.2	0.9	SSW	
30	-2.2	4.7	-3.8	-0.9	—	7.7	89.2	57.1	72.9	1.8	0.8	E	
31	2.8	7.0	-3.1	1.2	—	8.1	70.1	19.8	44.0	2.8	1.2	SSW	
合計					—	179.1							
平均	2.7	8.1	0.0	3.3		5.8	87.3	48.7	69.2	2.2	0.9		

資料

筑波大学農林技術センター演習林気象報告 — 筑波実験林気象観測データ(2015年) —

佐藤美穂*

筑波大学農林技術センター筑波実験林
305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

はじめに

農林技術センター演習林・筑波実験林では従来から総合気象観測装置(気温、湿度、降水量、風向、風速、日射、日照、蒸発の8要素)による気象観測業務を実施している。

2015年は2月27日20時より3月11日12時にかけて観測装置の不調により全項目欠測した。また、湿度においても2月10日と6月28日、7月1日から11月8日にかけて異常値がみられたためこの期間を欠測とした。

観測場所と観測データの処理方法については下記の通りである。

1 観測場所

筑波実験林 茨城県つくば市天王台1-1-1
東経 140° 05' 50"、北緯 36° 07' 10"、標高 25 m

2 観測機器

データは表1のセンサーを用いて、データロガー(CR1000, キャンベル, USA)に以下のとおり記録した。

3 気象月報取りまとめ方法

- (1) 日 界：24時
- (2) 気 温
最 高：当日の毎正時の最大値
最 低：当日の毎正時の最小値
日平均：毎正時の24回平均値
- (3) 相対湿度
日最大：当日の毎正時の最大値
日最小：当日の毎正時の最小値
日平均：毎正時の24回平均値
- (4) 降水量
当日の日合計値
- (5) 日照時間
当日の日合計値

表1 観測項目と観測方法の一覧

項 目	センサー	サンプル方法
気 温	小型温湿度センサー(CVS-HMP-Dクリマテック)	正時の正10秒値
湿 度	小型温湿度センサー(CVS-HMP-Dクリマテック)	正時の正10秒値
降 水 量	転倒ます型雨量計(B-011-00横河電子機器)	前1時間積算値
蒸 発 量	磁歪式水位計(CMT-RH-M-20クリマテック)	正時毎の積算値
日 射 量	日射計感部(H2022横河電子機器)	正10秒毎の積算値
日照時間	日照計感部(H0621-10横河電子機器)	正10秒毎の積算値
風 向	風向風速センサー(CYG-5103クリマテック)	正時前10分ベクトル平均値
風 速	風向風速センサー(CYG-5103クリマテック)	正時前10分平均値

*連絡者：佐藤美穂 筑波大学農林技術センター筑波実験林
305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
E-mail：sato.miho.fm@un.tsukuba.ac.jp

- (6) 日射量
当日の日合計値をメガジュール (MJ/m^2) 単位に変換
- (7) 蒸発量
当日の日合計値
- (8) 風 向
毎正時の最多風向を16方位で表示
風向の表示C (calm) は静穏
- (9) 風 速
日平均：毎正時の24回平均値
日最大：毎正時の最大値

4 データの回収

データの回収はパソコンにより行った。

5 計算および平均値の取り扱い

- (1) 計算はすべて四捨五入法による。
- (2) 日平均：20%以上記録が欠けている場合は欠測とし、「—」の記号を記入した。
- (3) 月合計・平均：20%以上の欠測期間がある場合は、「—」の記号を記入、それ以下の場合には欠測日を除いた日による合計値・平均値を記入し、観測日数を()内に記入した。

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(筑波実験林)

観測地点：筑波実験林 2015年 1月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	3.7	5.2	−1.9	2.3	0.0	2.2	5.07	—	93	41	59	2.3	0.7	NW	蒸発量1/1〜4/10 まで観測休止
2	1.6	6.8	−3.8	0.6	0.0	3.1	6.64	—	85	28	54	2.4	0.7	SW	
3	2.5	8.4	−4.4	2.3	0.0	7.8	11.14	—	92	30	56	2.6	1.0	SW	
4	−1.1	9.4	−3.9	1.0	0.0	5.3	8.38	—	94	42	75	1.4	0.3	WSW	
5	1.6	12.4	−3.7	2.8	0.0	7.7	10.65	—	96	38	78	1.0	0.3	SW	
6	3.4	17.2	1.8	7.0	0.0	0.6	3.58	—	98	38	79	4.4	0.9	W	
7	4.7	10.0	3.2	5.7	0.0	8.0	11.57	—	44	27	37	2.5	1.3	W	
8	3.8	10.4	−2.2	4.7	0.0	8.2	11.18	—	80	31	47	2.5	1.1	W	
9	3.9	10.8	−3.1	4.6	0.0	8.3	11.58	—	83	27	46	2.7	1.1	W	
10	2.7	9.9	−3.5	3.1	0.0	8.3	11.51	—	86	27	54	2.3	0.7	NW	
11	2.6	11.0	−1.6	4.1	0.0	8.5	11.32	—	84	36	61	1.9	0.6	SW	
12	3.8	9.3	−2.9	3.0	0.0	8.6	11.90	—	95	27	56	1.9	0.7	WNW	
13	1.3	10.6	−4.8	1.8	0.0	8.6	12.26	—	92	31	69	1.6	0.3	WNW	
14	0.4	11.0	−5.1	3.4	0.0	6.6	11.44	—	94	32	67	1.2	0.3	WSW	
15	5.1	8.4	3.1	5.5	0.0	0.0	1.44	—	97	66	86	2.8	0.9	NNW	
16	4.7	11.6	−0.5	5.7	0.0	6.3	10.13	—	99	46	81	1.4	0.3	NNE	
17	4.4	11.0	0.9	5.3	0.0	6.0	9.56	—	99	29	64	2.8	1.0	W	
18	2.6	9.8	−1.4	3.0	0.0	8.7	12.55	—	78	29	52	2.4	1.1	SW	
19	1.0	12.5	−2.5	3.7	0.0	8.4	12.00	—	91	34	64	1.8	0.6	WNW	
20	4.7	10.9	−2.3	3.5	0.0	8.6	12.35	—	96	28	61	2.0	0.6	SW	
21	1.3	3.1	−2.9	1.0	0.0	0.0	1.70	—	98	63	78	1.3	0.4	NW	
22	3.3	5.5	2.1	4.0	0.0	0.0	1.41	—	99	96	98	1.5	0.4	NW	
23	5.7	12.6	−1.2	5.5	0.0	5.9	11.06	—	100	32	74	1.9	0.6	NW	
24	1.9	9.1	−3.6	1.9	0.0	7.6	12.43	—	97	38	73	1.6	0.3	S	
25	1.6	12.3	−3.5	4.1	0.0	6.8	11.40	—	97	44	79	1.0	0.3	SE	
26	6.1	12.8	5.0	8.0	0.0	3.7	8.37	—	97	61	84	1.7	0.4	SSW	
27	7.4	15.8	4.1	9.4	0.0	3.9	8.97	—	99	48	86	1.3	0.4	NNW	
28	2.6	8.3	−2.8	3.1	0.0	5.7	11.20	—	99	26	70	2.0	0.7	ENE	
29	0.2	7.7	−5.7	1.0	0.0	7.1	13.07	—	93	36	67	1.2	0.3	SE	
30	1.9	3.5	0.7	2.1	0.0	0.0	1.54	—	98	73	93	1.9	0.7	NNW	
31	5.1	10.1	−1.9	3.9	0.0	8.6	14.36	—	99	31	63	2.3	1.1	W	
合計					0.0	179.1	291.76								
平均	3.0	9.9	−1.6	3.8		5.8	9.41	—	92	40	68	2.0	0.6		

観測地点：筑波実験林 2015年 2月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	2.7	8.6	−3.2	2.4	0.0	8.7	14.42	—	78	31	50	2.0	0.8	NW	蒸発量1/1〜4/10 まで観測休止
2	2.9	8.9	−4.0	1.4	0.0	8.7	14.26	—	89	32	62	1.6	0.5	NW	
3	0.7	8.6	−5.8	0.9	0.0	8.7	14.79	—	93	34	66	1.4	0.3	NE	2/10 湿度計欠測 2/28 全項目欠測
4	0.4	9.6	−4.6	2.3	0.0	7.1	13.44	—	93	35	69	1.3	0.3	E	
5	3.0	3.6	0.2	2.1	0.0	0.0	1.98	—	98	76	94	1.1	0.3	NNW	
6	1.6	11.4	−2.4	3.3	0.0	7.6	14.07	—	99	34	78	2.1	0.5	NW	
7	1.3	9.4	−4.1	2.9	0.0	5.0	10.50	—	96	49	77	1.1	0.4	E	
8	4.9	6.2	1.8	3.8	0.0	0.3	2.65	—	99	83	95	1.4	0.5	NW	
9	1.9	7.0	−3.1	1.9	0.0	5.8	12.34	—	99	26	63	2.1	0.8	WSW	
10	0.0	10.5	−1.5	4.1	0.0	4.8	9.02	—	—	—	—	2.5	0.5	SSW	
11	2.5	11.1	−4.3	3.0	0.0	8.2	14.90	—	94	42	73	2.4	0.5	SSW	
12	3.6	13.1	−2.6	4.8	0.0	8.4	14.49	—	98	37	78	1.3	0.4	SSE	
13	6.4	10.1	−1.1	3.7	0.0	7.6	15.34	—	99	22	55	2.7	1.2	NW	
14	4.0	9.4	−1.2	3.4	0.0	8.5	16.09	—	77	26	44	2.7	1.4	SW	
15	5.6	10.9	−3.1	3.2	0.0	8.5	15.05	—	93	20	56	3.2	1.2	WNW	
16	3.4	13.1	−2.8	4.1	0.0	8.5	15.77	—	74	18	48	1.5	0.5	SSW	
17	2.7	7.3	−0.1	3.5	0.0	0.0	3.54	—	98	57	78	1.2	0.4	N	
18	2.9	4.6	1.9	3.0	11.0	0.0	2.19	—	98	87	96	2.8	1.0	NNW	
19	5.2	12.2	−1.1	4.8	0.0	5.8	13.76	—	99	46	83	1.5	0.5	NE	
20	6.1	9.6	−1.0	3.8	0.0	3.2	9.22	—	99	50	84	1.5	0.3	E	
21	4.1	10.5	−2.8	3.2	0.0	7.5	16.06	—	98	43	77	1.4	0.4	ESE	
22	5.2	7.8	3.1	5.5	0.0	0.0	2.97	—	98	73	82	1.2	0.3	NNW	
23	7.9	17.4	5.4	9.2	7.5	2.0	7.42	—	99	74	95	1.2	0.5	ESE	
24	8.0	13.1	2.3	7.6	0.0	0.1	5.12	—	99	63	87	0.9	0.2	E	
25	7.7	15.4	5.6	8.3	0.0	2.0	7.48	—	86	46	72	1.1	0.4	E	
26	6.9	8.9	5.2	6.7	13.5	0.0	2.06	—	98	74	88	1.7	0.5	N	
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
合計					(33.5)	(127.0)	(272.37)								
平均	(4.0)	(10.0)	(−0.7)	(4.1)		(4.7)	(10.09)	—	(94)	(46)	(74)	(1.7)	(0.5)		

観測地点：筑波実験林 2015年 3月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	蒸発量1/1～4/10 まで観測休止 3/1～3/11 全項目欠測
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	7.3	14.0	−1.7	6.4	0.0	9.2	19.90	—	82	24	48	2.7	0.8	WSW	
13	8.0	13.9	−1.3	7.1	0.0	9.2	19.83	—	86	25	48	2.6	0.8	SW	
14	8.8	12.8	−0.1	6.2	0.0	6.4	14.70	—	95	29	70	1.5	0.6	E	
15	8.2	12.0	2.1	6.4	0.0	1.5	7.64	—	98	56	78	1.0	0.3	E	
16	8.1	16.3	3.1	9.6	0.0	2.9	12.14	—	98	58	82	1.1	0.4	SE	
17	14.2	22.1	9.0	14.7	0.0	9.0	19.84	—	99	47	75	2.3	0.7	SSW	
18	15.6	19.9	8.6	13.3	0.0	6.8	15.32	—	99	39	71	1.4	0.6	E	
19	10.1	13.2	9.5	11.0	3.5	0.0	2.53	—	99	74	97	0.9	0.4	E	
20	9.9	15.0	7.4	10.1	0.0	0.7	8.57	—	100	70	91	1.6	0.5	ESE	
21	10.4	14.6	2.6	9.1	0.0	6.4	16.26	—	97	33	68	1.6	0.5	ESE	
22	9.9	19.0	2.0	10.9	0.0	9.1	19.75	—	98	40	72	2.9	0.9	SSW	
23	12.5	16.3	1.0	8.3	0.0	6.1	15.65	—	98	23	69	1.8	0.7	SE	
24	8.7	13.2	0.9	6.9	0.0	9.5	22.74	—	98	25	46	3.0	1.2	WNW	
25	8.0	14.1	−0.1	6.6	0.0	9.4	22.46	—	80	24	50	2.3	0.7	WNW	
26	8.0	14.4	−2.1	6.2	0.0	9.7	22.84	—	93	22	58	1.9	0.5	SSE	
27	10.1	20.8	−0.4	10.0	0.0	9.9	22.97	—	94	18	56	2.4	0.8	SSW	
28	9.7	21.4	2.1	11.6	0.0	5.9	18.50	—	98	24	64	1.6	0.6	SSW	
29	13.9	19.7	3.9	12.5	0.0	4.7	13.33	—	99	40	78	2.7	0.7	SSW	
30	14.6	23.8	5.7	14.0	0.0	9.9	21.92	—	99	27	68	1.6	0.6	SE	
31	14.9	22.7	6.5	14.6	0.0	10.0	22.40	—	97	39	71	3.3	1.2	S	
合計					—	—	—								
平均	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

観測地点：筑波実験林 2015年 4月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	14.2	18.2	7.8	11.9	0.5	0.2	7.87	—	99	64	89	1.7	0.6	E	蒸発量1/1～4/10 まで観測休止 4/11～蒸発量測定 開始
2	11.5	16.1	4.7	10.1	0.0	9.7	22.34	—	98	47	73	1.9	0.7	ESE	
3	15.3	20.3	6.4	15.1	0.0	0.0	4.86	—	99	78	89	4.1	1.4	SSW	
4	10.7	17.4	9.0	12.2	0.0	0.0	5.76	—	99	57	76	1.6	0.8	E	
5	9.8	12.1	9.1	10.5	0.5	0.0	4.75	—	99	75	90	1.2	0.3	NW	
6	15.5	24.4	8.5	15.1	0.0	6.8	18.83	—	100	53	81	1.7	0.7	ESE	
7	9.8	13.2	7.0	9.6	0.0	0.0	2.64	—	99	78	95	1.4	0.6	E	
8	2.0	7.6	1.7	3.9	9.5	0.0	3.43	—	98	79	95	1.5	0.6	NNE	
9	7.1	12.3	2.8	6.6	0.0	5.7	18.82	—	97	44	68	1.6	0.8	NE	
10	6.9	12.5	1.5	7.3	5.0	0.0	6.49	—	99	60	87	1.2	0.3	NW	
11	11.3	16.7	7.1	11.1	6.0	0.9	8.82	1.5	100	75	94	1.2	0.5	NE	
12	12.8	17.2	3.6	10.6	0.0	8.1	21.69	1.7	100	45	79	1.5	0.5	E	
13	11.0	11.2	6.7	9.6	16.5	0.0	2.85	1.7	99	80	95	1.6	0.6	NNE	
14	12.2	14.3	9.8	12.1	17.0	0.0	4.84	2.0	100	90	98	1.1	0.4	NNW	
15	17.9	22.1	6.9	14.4	3.0	7.5	21.34	5.0	100	44	82	4.1	1.4	SSW	
16	15.7	23.9	5.0	14.6	0.0	8.2	21.53	2.6	100	32	71	2.4	0.6	S	
17	17.4	22.7	6.9	14.0	2.5	5.5	16.67	3.1	99	54	85	1.3	0.6	ESE	
18	13.1	19.3	3.5	12.0	0.0	10.3	24.10	2.9	100	33	76	4.1	1.1	SSW	
19	16.8	19.3	6.4	13.5	0.0	1.5	10.41	0.7	99	57	84	1.3	0.4	SSW	
20	18.8	21.3	12.1	17.9	2.5	0.0	5.95	0.4	99	80	90	5.0	1.8	S	
21	18.3	20.8	11.2	16.2	0.0	0.0	4.74	1.4	99	70	85	4.1	0.8	ESE	
22	17.1	21.5	8.9	14.9	0.0	6.2	19.26	2.7	98	45	75	1.5	0.5	E	
23	17.3	24.1	9.6	16.2	0.0	8.1	23.16	3.8	99	47	78	1.4	0.5	ESE	
24	19.3	24.2	12.4	17.9	0.0	6.1	21.35	4.0	98	42	73	3.2	1.1	S	
25	19.3	21.3	8.5	15.2	0.0	7.4	19.27	3.2	99	32	67	1.5	0.5	E	
26	17.8	24.3	6.0	15.7	0.0	10.9	25.83	4.3	94	30	63	2.7	0.8	SSW	
27	19.3	27.5	10.1	18.3	0.0	11.1	25.89	3.8	99	35	74	2.3	0.7	SSW	
28	21.0	30.0	12.0	20.2	0.0	10.1	24.73	4.6	100	26	72	2.2	0.7	SSW	
29	21.7	24.4	13.3	18.8	0.0	7.2	18.60	3.1	98	47	75	2.2	0.7	S	
30	21.3	26.1	11.5	18.0	0.0	9.2	23.80	3.8	99	43	77	1.8	0.5	ESE	
合計					63.0	140.7	440.62	129.9							
平均	14.7	19.5	7.7	13.5		4.7	14.69	4.3	99	55	81	2.1	0.7		

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(筑波実験林)

観測地点：筑波実験林 2015年 5月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	21.2	28.2	11.4	19.3	0.0	11.6	26.91	5.1	100	30	73	1.3	0.5	SE	
2	22.5	26.5	12.0	19.1	0.0	11.6	26.80	4.7	99	42	77	1.5	0.5	E	
3	20.6	27.6	13.1	20.0	0.0	8.2	22.98	3.8	99	36	78	2.0	0.6	SSE	
4	21.7	26.8	16.9	21.3	0.0	4.9	19.61	4.9	97	55	78	3.4	1.6	SSW	
5	17.9	21.6	9.0	16.9	0.0	5.6	19.47	4.1	97	39	68	2.0	0.6	SE	
6	20.0	25.0	6.7	16.3	0.0	9.2	23.33	3.5	96	33	66	1.7	0.5	S	
7	18.2	24.9	12.1	17.6	0.0	3.4	13.97	2.9	99	45	76	1.5	0.3	S	
8	20.9	25.7	12.8	19.2	0.0	10.5	26.24	3.8	98	33	74	1.4	0.5	ESE	
9	18.0	21.2	13.7	16.9	0.0	0.0	7.83	1.9	99	67	86	0.8	0.3	E	
10	20.7	27.3	8.8	18.0	0.0	9.2	25.74	5.7	99	17	59	2.7	0.9	NNW	
11	18.0	23.9	4.9	15.8	0.0	11.3	28.38	5.0	91	24	53	1.9	0.7	S	
12	20.4	23.9	11.7	18.6	37.0	1.4	11.94	2.2	99	63	80	4.0	1.5	S	
13	22.7	27.5	14.9	21.1	0.5	9.4	25.72	5.0	99	35	76	3.5	0.9	SSE	
14	22.7	29.5	12.7	20.6	0.0	10.4	26.40	4.6	99	26	69	1.9	0.5	SSW	
15	23.3	28.0	14.8	20.8	0.0	8.5	24.18	3.8	94	38	70	1.5	0.6	ESE	
16	19.7	22.5	18.0	19.6	1.5	0.1	7.26	1.4	99	79	94	1.2	0.3	E	
17	21.3	28.8	16.5	21.8	0.0	8.3	24.30	4.8	99	17	70	1.7	0.5	SSW	
18	22.9	27.3	14.9	21.1	0.5	4.4	18.39	2.8	99	44	79	2.0	0.7	S	
19	18.0	22.3	17.0	19.0	14.0	0.0	5.79	1.2	100	80	96	1.0	0.4	NNE	
20	22.6	26.4	16.9	21.3	2.5	9.1	26.73	4.4	100	54	79	1.3	0.4	E	
21	17.3	24.7	12.9	18.3	16.0	10.3	27.29	5.0	100	26	68	2.0	0.7	NNW	
22	20.6	26.3	11.2	18.5	0.0	6.4	22.39	3.7	99	35	71	2.7	0.9	SSW	
23	22.2	28.6	12.7	20.6	0.0	7.9	22.97	3.6	99	40	70	2.2	0.6	SSW	
24	21.8	26.2	15.8	20.6	0.0	4.8	19.13	3.5	99	44	75	1.4	0.4	S	
25	23.6	24.8	13.6	19.2	0.0	5.2	19.75	3.0	100	55	79	1.1	0.4	E	
26	22.7	30.0	13.8	21.4	0.0	11.6	28.04	5.5	99	38	70	1.3	0.4	S	
27	24.7	27.8	14.1	21.2	0.0	11.8	27.70	4.9	99	40	67	1.6	0.6	E	
28	20.8	26.9	17.9	21.2	0.0	2.3	15.95	2.7	98	57	80	1.4	0.5	ESE	
29	22.0	23.4	17.7	20.3	7.0	0.0	7.70	1.2	99	73	93	1.1	0.4	NNE	
30	23.8	30.5	17.8	23.1	0.0	10.4	27.48	4.7	98	48	77	1.6	0.7	N	
31	26.2	30.6	19.0	23.9	0.0	8.4	23.90	9.2	99	53	74	1.5	0.5	ESE	
合計					79.0	216.2	654.27	122.6							
平均	21.3	26.3	13.7	19.8		7.0	21.11	4.0	98	44	75	1.8	0.6		

観測地点：筑波実験林 2015年 6月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	22.2	27.1	16.9	21.9	0.0	9.1	26.65	9.0	98	42	68	1.4	0.5	SE	6/28湿度データ欠測
2	25.3	29.7	16.5	22.9	0.0	6.9	21.57	2.7	100	34	74	2.4	0.8	SSW	
3	21.5	22.9	19.7	21.4	12.0	0.0	6.58	1.6	99	89	96	1.0	0.4	SSW	
4	22.9	29.0	12.9	21.6	0.0	11.8	28.53	5.0	99	20	59	2.2	0.7	WNW	
5	21.5	23.4	11.3	17.1	19.5	2.5	11.42	0.8	100	44	80	1.0	0.3	SE	
6	18.6	22.5	13.3	16.9	16.5	2.5	15.61	3.6	100	67	89	1.2	0.5	NNE	
7	21.5	25.6	12.8	19.3	0.0	6.8	22.19	3.9	100	49	79	1.2	0.5	SSE	
8	22.4	26.2	14.8	20.3	0.0	4.8	17.90	4.8	100	53	78	1.6	0.6	S	
9	19.0	22.5	17.5	19.3	17.5	0.0	7.12	2.1	100	84	96	1.8	0.4	NNW	
10	23.5	29.0	16.8	22.2	0.0	7.8	23.52	4.4	100	54	81	1.8	0.5	S	
11	24.1	29.1	16.2	22.7	0.0	6.2	22.01	3.3	100	47	79	1.6	0.4	SSE	
12	21.2	25.0	20.0	21.6	3.5	0.1	8.95	1.4	100	78	94	0.6	0.3	E	
13	24.8	30.5	19.1	24.3	0.0	4.3	21.16	4.6	99	48	81	1.4	0.5	S	
14	23.2	26.2	20.1	23.1	0.0	0.0	8.45	1.8	100	63	88	1.4	0.5	SSW	
15	26.2	32.1	18.2	24.9	0.0	8.8	24.71	4.7	100	43	75	1.6	0.5	S	
16	23.9	27.7	20.2	23.2	0.0	0.5	14.34	2.6	100	67	87	1.0	0.3	E	
17	22.9	25.5	19.4	21.7	0.0	0.3	13.21	1.9	99	74	91	1.2	0.4	E	
18	23.4	25.8	18.3	21.5	0.0	0.4	11.18	2.1	100	66	86	1.4	0.5	ESE	
19	20.1	22.5	17.1	19.3	12.5	0.0	7.84	0.9	100	82	95	0.8	0.4	NNE	
20	22.9	27.8	16.6	21.6	0.0	9.7	26.40	4.4	100	49	77	1.5	0.5	ESE	
21	22.3	24.2	17.8	20.5	3.0	0.1	7.41	0.9	100	74	93	1.3	0.2	ESE	
22	21.9	28.3	16.5	21.8	0.5	3.8	18.65	3.0	100	57	84	1.0	0.3	ESE	
23	24.2	29.2	19.0	22.5	8.0	2.5	16.35	2.1	100	60	88	1.1	0.4	E	
24	23.2	29.7	17.1	23.0	0.0	9.0	25.58	5.0	100	52	84	1.1	0.4	ESE	
25	24.7	29.3	19.4	23.9	0.0	9.7	27.43	4.8	100	58	83	1.5	0.5	SE	
26	23.7	25.7	18.5	21.9	7.0	0.0	8.25	0.4	100	74	94	0.8	0.3	SE	
27	22.5	25.2	20.6	22.6	3.5	0.0	7.32	1.1	100	86	98	0.6	0.2	NE	
28	25.4	28.8	17.4	21.4	1.0	5.6	20.87	3.9	—	—	—	1.5	0.6	ESE	
29	20.6	27.3	16.7	20.7	0.0	5.6	22.65	4.4	97	53	79	1.1	0.5	SE	
30	23.0	26.0	16.0	21.5	0.0	1.0	14.11	1.7	100	61	84	1.0	0.4	SE	
合計					104.5	119.8	507.96	92.9							
平均	22.8	26.8	17.2	21.6		4.0	16.93	3.1	100	58	84	1.3	0.4		

観測地点：筑波実験林 2015年 7月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	19.6	21.5	19.3	20.4	10.5	0.0	3.53	0.3	—	—	—	1.0	0.2	ENE	7/1～11/8まで 湿度データ欠測
2	22.1	25.5	19.6	22.2	0.5	0.2	6.78	1.3	—	—	—	0.8	0.2	S	
3	21.5	22.7	20.8	21.8	45.5	0.0	3.64	16.8	—	—	—	0.7	0.2	SSE	
4	23.6	26.5	21.0	22.9	5.5	0.0	7.43	2.2	—	—	—	0.8	0.2	SW	
5	20.5	21.7	19.3	20.3	11.0	0.0	4.24	4.0	—	—	—	0.8	0.2	NNE	
6	20.3	21.2	18.9	19.8	17.0	0.0	5.40	5.7	—	—	—	0.7	0.1	E	
7	21.4	25.0	18.7	21.5	0.0	0.0	10.01	1.5	—	—	—	1.0	0.2	W	
8	24.7	27.5	18.3	21.9	6.0	0.0	10.40	1.8	—	—	—	0.8	0.3	E	
9	20.1	22.1	18.2	19.7	1.0	0.0	6.26	2.3	—	—	—	0.7	0.2	ENE	
10	21.3	29.1	18.1	22.8	0.0	6.2	20.00	3.9	—	—	—	1.2	0.3	S	
11	25.2	32.7	18.9	25.3	0.0	8.4	25.60	5.8	—	—	—	2.0	0.5	S	
12	27.3	34.0	20.6	26.8	0.0	9.7	26.52	4.8	—	—	—	1.9	0.5	S	
13	30.1	34.0	22.8	28.3	0.0	8.7	25.10	5.7	—	—	—	2.8	1.0	SSW	
14	32.0	33.9	25.0	29.3	0.0	11.5	28.37	6.7	—	—	—	3.2	1.6	SSW	
15	29.6	34.2	24.7	28.7	0.0	9.1	25.08	5.6	—	—	—	2.9	1.1	SSW	
16	26.4	29.5	23.7	26.3	33.0	0.3	8.14	2.8	—	—	—	2.0	0.6	S	
17	27.1	31.2	23.2	26.8	5.0	2.6	14.79	4.5	—	—	—	3.1	1.3	S	
18	28.9	30.6	24.3	27.3	0.5	1.4	13.84	2.4	—	—	—	2.7	1.5	SSW	
19	28.5	35.2	22.6	28.2	0.0	10.3	26.01	6.1	—	—	—	1.8	0.5	SSW	
20	29.0	33.2	24.6	28.3	0.0	10.0	25.96	5.3	—	—	—	1.2	0.4	ESE	
21	28.3	34.7	23.5	28.3	0.0	8.9	23.84	6.3	—	—	—	2.2	0.7	S	
22	30.4	33.5	22.1	28.6	0.0	12.1	28.30	5.8	—	—	—	3.2	1.4	SSW	
23	26.6	32.0	24.8	27.5	1.5	2.0	15.36	3.2	—	—	—	2.1	1.1	SSW	
24	29.0	33.8	24.1	27.1	1.5	3.8	16.06	2.3	—	—	—	2.3	0.3	NE	
25	29.1	35.0	23.1	28.8	0.0	7.5	21.35	3.3	—	—	—	1.0	0.3	S	
26	30.4	36.1	24.7	29.5	0.0	9.1	23.49	6.6	—	—	—	1.3	0.4	S	
27	30.6	36.1	23.1	28.9	0.0	11.4	26.69	4.9	—	—	—	1.1	0.4	ESE	
28	26.7	33.6	24.4	27.5	0.0	5.2	18.09	3.2	—	—	—	0.9	0.4	ESE	
29	29.6	31.7	24.2	27.5	0.0	1.6	14.47	2.9	—	—	—	1.2	0.3	E	
30	30.7	34.1	23.6	28.0	0.0	5.9	19.49	3.5	—	—	—	1.1	0.3	E	
31	30.1	35.8	23.4	29.5	0.0	9.6	23.21	4.2	—	—	—	1.4	0.4	S	
合計					138.5	155.5	527.45	135.7							
平均	26.5	30.6	22.1	25.8		5.0	17.01	4.4	—	—	—	1.6	0.6		

観測地点：筑波実験林 2015年 8月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	30.2	36.9	25.2	30.5	0.0	7.6	22.57	18.2	—	—	—	1.5	0.5	SSW	7/1～11/8まで 湿度データ欠測
2	30.8	36.4	24.1	29.8	0.0	6.7	21.14	4.5	—	—	—	1.6	0.5	S	
3	29.6	35.7	22.7	29.0	0.0	9.1	23.37	9.4	—	—	—	1.8	0.6	SSW	
4	30.2	36.0	24.1	29.7	0.0	8.4	22.59	4.8	—	—	—	2.1	0.7	SSW	
5	31.1	36.2	24.5	30.1	0.0	11.4	25.95	5.5	—	—	—	2.3	1.0	SSW	
6	31.4	36.7	23.9	29.4	0.0	7.8	20.06	4.5	—	—	—	2.8	0.6	SSW	
7	31.6	36.4	23.2	29.2	0.0	10.9	24.59	5.3	—	—	—	1.1	0.4	SE	
8	28.6	32.8	22.5	26.9	0.0	7.1	21.33	4.6	—	—	—	1.2	0.5	E	
9	26.8	32.5	22.1	26.7	0.0	6.3	20.29	3.9	—	—	—	1.2	0.4	ENE	
10	30.7	34.3	23.7	28.0	0.0	7.0	21.45	4.6	—	—	—	1.1	0.4	ENE	
11	29.0	34.2	23.1	28.0	0.0	7.3	21.13	3.9	—	—	—	0.9	0.3	ENE	
12	29.0	34.1	23.3	27.5	1.5	3.3	15.66	3.2	—	—	—	1.1	0.3	E	
13	27.9	32.6	24.1	26.3	1.0	1.2	10.66	2.2	—	—	—	1.8	0.5	SSE	
14	25.5	29.9	23.2	25.4	41.0	2.0	11.96	2.0	—	—	—	1.1	0.4	ESE	
15	27.3	33.1	23.5	27.0	0.5	5.8	19.67	4.4	—	—	—	1.1	0.4	S	
16	29.0	31.7	24.6	26.6	0.0	5.2	17.87	2.4	—	—	—	1.2	0.4	ENE	
17	25.4	26.9	23.5	24.9	18.5	0.0	4.80	0.7	—	—	—	2.1	0.4	SE	
18	28.7	32.2	24.7	27.8	0.5	4.1	14.76	2.6	—	—	—	2.3	0.6	SSW	
19	28.1	32.1	23.3	26.5	0.0	4.9	19.01	4.2	—	—	—	1.1	0.3	E	
20	25.5	27.2	23.3	25.0	0.5	0.0	6.45	0.7	—	—	—	0.9	0.2	ENE	
21	26.2	29.9	23.1	25.7	0.0	0.5	12.23	2.2	—	—	—	1.0	0.3	E	
22	28.4	34.3	24.2	28.2	0.0	5.4	17.07	34.7	—	—	—	2.1	0.4	S	
23	28.7	31.7	23.5	26.4	0.0	4.9	18.62	12.5	—	—	—	1.3	0.5	ENE	
24	25.0	29.0	20.7	24.0	0.0	4.8	16.53	3.6	—	—	—	1.5	0.6	N	
25	22.1	26.2	19.8	21.5	0.0	1.4	11.76	2.2	—	—	—	1.0	0.4	NE	
26	20.7	24.8	18.2	20.8	9.0	0.2	8.26	0.7	—	—	—	1.1	0.6	NNE	
27	23.1	26.0	20.2	22.9	0.0	0.1	7.48	1.7	—	—	—	1.1	0.3	NNW	
28	22.5	23.4	20.0	21.9	0.0	0.0	3.26	1.1	—	—	—	1.1	0.5	N	
29	21.6	22.6	19.4	21.0	0.5	0.0	3.25	0.7	—	—	—	1.2	0.4	NNW	
30	22.0	23.0	19.9	21.2	2.5	0.0	3.32	0.0	—	—	—	0.9	0.2	N	
31	22.5	25.3	20.6	22.3	1.0	0.0	6.45	0.7	—	—	—	0.7	0.2	E	
合計					76.5	133.4	473.54	151.7							
平均	27.1	31.1	22.7	26.1		4.3	15.28	4.9	—	—	—	1.4	0.4		

筑波大学農林技術センター演習林気象報告(筑波実験林)

観測地点：筑波実験林 2015年 9月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	23.9	26.9	20.9	23.6	1.0	0.2	7.20	0.2	—	—	—	0.8	0.2	ESE	7/1～11/8まで 湿度データ欠測
2	25.6	32.0	23.9	26.9	2.0	3.9	12.34	3.3	—	—	—	2.7	1.0	SSW	
3	26.6	29.0	22.2	25.0	0.0	2.4	13.05	2.1	—	—	—	1.0	0.3	E	
4	25.5	31.2	22.2	25.7	0.0	6.6	17.55	3.0	—	—	—	1.7	0.6	SSW	
5	25.5	29.5	20.8	24.1	0.0	4.5	15.55	3.4	—	—	—	1.1	0.3	ESE	
6	25.1	26.6	21.2	23.4	31.5	0.3	7.04	0.4	—	—	—	0.7	0.3	E	
7	21.5	23.3	20.7	22.2	14.5	0.0	5.02	0.8	—	—	—	0.9	0.4	ESE	
8	20.4	21.7	19.3	20.4	32.0	0.0	3.13	9.6	—	—	—	1.6	0.5	NNW	
9	23.9	25.6	20.4	23.5	59.0	0.0	4.11	24.9	—	—	—	1.8	0.8	E	
10	22.6	24.3	21.1	22.8	112.5	0.0	4.09	50.1	—	—	—	1.3	0.4	SW	
11	23.0	28.9	20.4	23.6	0.0	7.5	19.48	3.6	—	—	—	1.1	0.4	E	
12	25.6	29.3	19.1	23.7	0.0	6.0	17.16	2.5	—	—	—	1.1	0.4	ESE	
13	26.7	27.2	19.0	23.1	0.0	2.6	7.80	1.1	—	—	—	1.4	0.4	S	
14	24.2	27.4	17.7	22.2	0.0	6.7	18.56	3.0	—	—	—	1.0	0.4	NE	
15	23.3	26.8	15.2	20.5	0.0	6.4	16.85	2.4	—	—	—	1.2	0.3	ENE	
16	23.0	25.5	18.1	20.7	0.0	1.3	10.70	1.1	—	—	—	0.9	0.2	ENE	
17	17.6	19.6	16.5	18.2	44.0	0.0	2.84	15.6	—	—	—	1.5	0.5	NNW	
18	19.3	22.8	17.8	20.4	3.5	0.2	5.68	3.1	—	—	—	1.5	0.3	WNW	
19	23.6	29.4	19.7	23.2	0.0	3.7	14.40	3.7	—	—	—	1.1	0.3	SW	
20	23.1	28.8	17.2	21.7	0.0	6.2	17.21	2.7	—	—	—	1.0	0.3	NE	
21	23.3	27.3	16.0	20.8	0.0	5.8	16.11	2.1	—	—	—	1.1	0.3	SE	
22	23.4	28.2	15.9	20.7	0.0	9.2	20.69	2.9	—	—	—	1.3	0.3	E	
23	22.2	27.7	15.9	20.4	0.0	7.2	18.34	3.1	—	—	—	1.1	0.3	S	
24	21.4	23.3	14.3	18.9	0.5	0.3	6.64	0.3	—	—	—	0.6	0.1	NNE	
25	18.5	19.8	17.3	18.3	12.5	0.0	3.08	0.2	—	—	—	1.3	0.5	NNW	
26	19.6	24.4	17.4	20.3	1.5	0.2	8.17	0.8	—	—	—	1.0	0.3	NNW	
27	22.4	25.4	18.7	21.2	0.5	1.3	6.84	1.6	—	—	—	0.6	0.1	E	
28	23.8	28.9	18.1	22.3	0.0	8.5	18.43	4.7	—	—	—	1.8	0.4	SSW	
29	23.0	27.3	15.0	21.2	0.0	7.9	17.87	3.4	—	—	—	1.6	0.4	SW	
30	19.6	24.2	10.8	17.3	0.0	8.1	17.24	2.7	—	—	—	1.5	0.3	S	
合計					315.0	107.0	353.17	158.4							
平均	22.9	26.4	18.4	21.9		3.6	11.77	5.3	—	—	—	1.2	0.4		

観測地点：筑波実験林 2015年 10月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	18.4	23.2	13.0	18.6	7.0	3.2	8.55	1.1	—	—	—	3.4	0.8	SSW	7/1～11/8まで 湿度データ欠測
2	21.1	28.9	17.4	22.5	13.0	3.7	12.32	4.0	—	—	—	4.7	1.1	SSW	
3	22.6	27.1	15.8	20.7	0.0	8.6	17.91	5.2	—	—	—	1.1	0.3	WSW	
4	21.0	25.9	15.3	19.4	0.0	9.0	18.06	4.1	—	—	—	1.5	0.6	E	
5	17.3	20.7	12.0	16.6	0.0	1.2	9.04	1.5	—	—	—	1.0	0.3	NNE	
6	19.5	23.1	10.2	16.3	0.0	7.7	16.63	2.2	—	—	—	1.2	0.4	NNE	
7	19.5	22.6	9.2	16.1	0.0	8.9	18.68	2.9	—	—	—	2.2	1.0	NNW	
8	19.4	23.8	8.4	16.8	0.0	9.4	18.83	3.4	—	—	—	2.2	0.9	W	
9	20.0	25.9	9.3	17.7	0.0	8.9	17.36	2.2	—	—	—	1.8	0.6	SW	
10	17.0	21.0	11.4	16.5	0.0	2.3	7.00	0.7	—	—	—	1.1	0.2	SSW	
11	18.3	20.3	16.5	18.0	9.5	0.0	3.18	0.3	—	—	—	0.8	0.2	W	
12	18.4	23.9	14.4	18.2	0.0	7.7	15.85	1.8	—	—	—	1.1	0.3	SSW	
13	18.5	24.7	11.5	17.2	0.0	8.8	16.89	2.4	—	—	—	1.6	0.4	SW	
14	17.4	23.6	9.1	15.8	0.0	9.1	16.56	3.8	—	—	—	1.2	0.3	SSW	
15	16.2	23.3	10.8	16.3	0.0	6.6	13.55	1.6	—	—	—	1.2	0.3	SSE	
16	16.3	18.4	15.5	16.5	3.0	0.0	3.53	0.2	—	—	—	1.1	0.4	NNE	
17	18.0	21.9	15.6	17.8	4.0	0.6	6.33	1.3	—	—	—	0.7	0.2	NNW	
18	19.9	24.1	13.7	18.2	0.0	6.0	12.84	2.0	—	—	—	0.8	0.3	ESE	
19	18.1	24.6	11.2	16.5	0.0	8.8	15.47	2.6	—	—	—	1.2	0.3	SE	
20	19.3	23.7	12.8	17.1	0.0	7.3	12.60	1.8	—	—	—	1.3	0.3	SSW	
21	17.7	19.9	12.2	15.9	0.0	1.8	9.20	1.3	—	—	—	1.0	0.3	E	
22	17.3	21.8	10.3	15.6	0.0	6.9	12.01	0.0	—	—	—	1.0	0.3	E	
23	17.9	23.5	12.5	18.9	0.0	0.9	6.78	2.4	—	—	—	1.2	0.3	E	
24	18.7	23.7	12.5	17.6	0.0	8.0	13.55	2.4	—	—	—	1.6	0.4	SSW	
25	15.9	20.1	6.0	14.2	0.0	8.9	16.00	2.7	—	—	—	1.9	0.8	NW	
26	12.9	19.6	3.2	10.9	0.0	8.7	15.89	2.0	—	—	—	1.5	0.3	SSW	
27	14.5	24.9	6.8	16.4	0.0	8.3	14.56	2.0	—	—	—	2.9	1.0	SSW	
28	21.3	26.9	15.4	19.7	0.0	7.3	13.77	2.2	—	—	—	1.9	0.5	ESE	
29	14.8	18.4	12.8	15.2	0.0	1.1	5.53	0.8	—	—	—	0.9	0.2	E	
30	16.6	21.4	12.2	15.8	0.0	4.9	10.47	1.7	—	—	—	1.3	0.3	SW	
31	14.2	16.2	9.1	12.8	0.0	1.4	6.60	1.5	—	—	—	0.9	0.2	NNE	
合計					36.5	176.0	385.54	64.1							
平均	18.0	22.8	11.8	17.0		5.7	12.44	2.1	—	—	—	1.5	0.4		

観測地点：筑波実験林 2015年 11月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	11.5	17.5	4.0	10.4	0.0	8.2	12.98	1.6	—	—	—	1.2	0.3	SSW	7/1～11/8まで 湿度データ欠測
2	10.9	13.9	10.4	12.1	35.5	0.0	1.23	11.5	—	—	—	1.8	0.5	NNW	
3	14.2	20.8	8.8	14.4	15.5	5.6	12.31	6.8	—	—	—	1.1	0.3	NNW	
4	13.4	20.0	6.1	11.8	0.0	8.4	14.19	1.6	—	—	—	1.1	0.2	WSW	
5	14.1	21.6	6.5	13.1	0.0	7.6	13.18	2.1	—	—	—	1.3	0.2	SW	
6	13.7	21.7	8.0	13.7	0.0	8.4	13.23	3.3	—	—	—	1.0	0.3	SSW	
7	17.4	20.1	11.6	15.5	0.0	3.7	8.91	2.8	—	—	—	0.9	0.3	ENE	
8	14.3	15.5	11.9	14.2	23.0	0.0	1.67	1.9	—	—	—	0.6	0.1	W	
9	16.2	21.0	14.5	17.6	0.5	0.0	3.90	2.5	95	80	92	0.8	0.2	W	
10	16.6	19.0	12.9	16.4	8.5	0.0	3.04	16.4	95	77	92	0.8	0.2	NNE	
11	13.3	16.7	9.0	12.4	0.0	4.7	9.34	2.2	95	49	77	0.9	0.2	ESE	
12	13.1	16.4	9.5	12.3	0.0	6.7	11.02	1.3	83	48	65	1.1	0.4	NE	
13	11.6	17.0	8.4	12.4	0.0	2.4	7.53	0.9	90	56	75	1.1	0.4	NNE	
14	13.3	16.4	11.2	13.7	18.5	0.0	2.93	1.2	96	78	94	1.2	0.3	NNW	
15	14.5	19.1	11.5	15.0	5.0	1.2	4.70	5.6	96	77	94	1.4	0.3	W	
16	12.8	20.3	10.0	14.9	0.0	5.1	10.32	3.7	96	56	84	1.2	0.3	ESE	
17	15.7	21.2	14.7	16.9	0.0	1.8	6.51	2.0	96	66	89	1.1	0.3	NW	
18	18.5	21.0	13.4	16.4	8.5	2.7	6.09	2.3	96	62	89	1.3	0.4	ENE	
19	13.7	17.6	9.4	13.2	4.5	2.5	6.19	3.4	95	58	80	1.5	0.4	NNE	
20	13.8	15.1	9.7	13.0	0.0	0.0	2.32	1.1	95	73	87	0.7	0.1	NNW	
21	12.7	20.2	7.7	13.4	0.0	7.6	10.60	1.3	96	53	77	1.0	0.3	SSW	
22	13.1	15.1	8.6	12.2	0.0	0.1	3.16	0.9	94	59	72	0.8	0.3	NNE	
23	10.9	12.4	8.2	10.9	1.0	0.0	1.35	0.4	95	79	91	0.8	0.3	NW	
24	12.4	18.5	6.9	12.5	1.0	2.8	6.30	1.5	96	69	89	1.1	0.3	WSW	
25	9.6	10.0	5.0	8.1	1.5	0.0	2.29	0.5	92	59	74	2.4	0.7	N	
26	6.5	10.5	5.0	7.9	15.5	0.1	3.11	1.5	95	81	90	1.6	0.8	NW	
27	9.9	14.5	3.6	9.2	0.0	8.5	12.25	3.6	95	23	59	1.8	0.7	SW	
28	9.7	16.2	0.4	7.8	0.0	8.5	11.82	2.5	92	31	66	1.4	0.3	SW	
29	7.3	15.5	1.2	8.1	0.0	7.1	10.77	1.5	95	38	73	1.2	0.3	S	
30	9.2	15.6	5.1	9.6	0.0	3.7	7.62	1.3	95	57	74	0.9	0.3	WSW	
合計					138.5	107.4	220.86	89.2							
平均	12.8	17.3	8.4	12.6		3.6	7.36	3.00	93	51	78	1.2	0.3		

観測地点：筑波実験林 2015年 12月 気象月報

日	気 温 ℃				降水量 mm	日照時間 h	水平面日射量 MJ/m ²	蒸発量 mm	相 対 湿 度 %			風 速 m/s		風 向	記 事
	9時気温	最 高	最 低	日平均					最 大	最 小	日平均	最 大	日平均		
1	7.7	16.2	1.6	7.9	0.0	8.3	11.17	—	95	38	75	1.1	0.3	SW	蒸発量12月 観測休止
2	8.5	11.4	3.0	7.8	0.0	0.0	2.47	—	95	64	83	1.0	0.3	WNW	
3	9.1	13.7	7.7	9.8	0.0	1.4	2.81	—	96	84	94	0.9	0.4	WSW	
4	9.8	14.7	2.2	8.0	0.0	7.8	11.00	—	95	21	57	2.1	0.7	SSW	
5	11.0	16.7	1.6	8.1	0.0	7.9	11.18	—	86	25	61	1.8	0.6	SSW	
6	10.5	13.4	3.2	8.5	0.0	4.4	8.41	—	84	33	57	2.1	0.4	N	
7	6.9	13.2	2.0	6.5	0.0	7.7	10.58	—	92	37	69	1.1	0.3	S	
8	3.9	13.0	0.5	5.3	0.0	5.6	8.43	—	94	37	76	1.0	0.2	S	
9	4.6	12.5	−1.2	4.4	0.0	7.3	10.41	—	94	43	79	1.0	0.2	SW	
10	5.7	12.4	0.0	6.6	0.0	3.0	6.97	—	94	52	77	1.1	0.3	SW	
11	13.6	24.3	8.0	14.8	23.5	4.3	6.60	—	97	49	83	3.5	0.8	SW	
12	11.7	14.8	7.0	10.5	0.0	6.8	9.31	—	91	49	71	1.1	0.3	ENE	
13	11.3	13.5	5.8	10.1	0.0	0.2	4.47	—	94	60	78	0.9	0.3	NW	
14	11.7	15.0	8.9	11.1	0.0	1.6	5.74	—	96	56	75	1.2	0.4	NE	
15	10.3	14.2	8.0	10.9	0.0	0.2	4.12	—	87	59	75	1.2	0.3	NW	
16	10.1	18.1	6.2	12.2	0.0	6.4	8.51	—	95	57	78	1.2	0.3	ESE	
17	9.1	12.0	2.0	8.6	0.0	0.8	3.51	—	91	45	68	1.2	0.3	SE	
18	4.8	10.6	−1.5	3.8	0.0	7.4	10.50	—	90	31	67	1.2	0.3	S	
19	5.1	11.7	−1.8	3.7	0.0	7.1	9.99	—	92	33	68	1.6	0.4	W	
20	2.5	11.3	−3.8	3.2	0.0	7.2	10.66	—	90	32	67	1.7	0.2	SSW	
21	4.7	11.6	1.7	5.8	0.0	1.1	5.31	—	91	41	70	0.9	0.3	WSW	
22	7.8	14.8	−0.5	6.2	0.0	7.1	10.01	—	95	32	66	1.3	0.3	ENE	
23	5.0	8.1	0.2	5.6	1.0	0.0	2.24	—	94	53	74	0.8	0.3	NW	
24	8.0	13.9	6.2	9.0	3.0	1.6	5.43	—	96	77	90	0.9	0.3	NNE	
25	9.6	15.0	0.4	8.8	0.0	5.4	7.98	—	96	31	75	1.9	0.6	NNW	
26	5.6	12.4	−1.4	4.3	0.0	7.2	10.39	—	93	38	73	1.6	0.4	SSW	
27	7.3	11.6	−1.0	5.0	0.0	5.8	9.62	—	87	25	55	2.5	0.6	NNW	
28	3.1	10.2	−2.7	2.7	0.0	7.5	10.70	—	83	25	54	1.6	0.3	W	
29	3.6	11.2	−3.5	2.8	0.0	7.6	11.28	—	86	26	58	2.4	0.6	W	
30	0.7	11.0	−2.2	3.3	0.0	7.1	10.48	—	80	32	59	1.2	0.3	NNW	
31	5.8	11.7	−0.6	5.2	0.0	5.4	8.61	—	94	45	70	1.0	0.3	SW	
合計					27.5	151.2	248.89	—							
平均	7.4	13.4	1.8	7.1		4.9	8.03	—	92	43	71	1.4	0.4		

筑波大学農林技術センターを利用した研究成果

2016年

I. 原著論文・総説

- 1 Koyama S, Katagiri T, Minamikawa K, Kato M and Hayashi H 2016 : Effects of Rice Husk Charcoal Application on Rice Yield, Methane Emission, and Soil Carbon Sequestration in Andosol Paddy Soil. JARQ-JAPAN AGRICULTURAL RESEARCH QUARTERLY 50: 319-327
- 2 Men NT, Kikuchi K, Furusawa T, Dang-Nguyen TQ, Nakai M, Fukuda A, Noguchi J, Kaneko H, Linh VN, Nguyen BX and Tajima A 2016 : Expression of DNA repair genes in porcine oocytes before and after fertilization by ICSI using freeze-dried sperm. Animal Science Journal 87: 1325-1333
- 3 Nakajima Y, Fukuda H, Onuma M, Murata K, Ueda M, Sunaga E, Shiraishi T and Tajima A 2016 : Migratory ability of gonadal germ cells (GGCs) isolated from *Ciconia boyciana* and *Geronticus eremita* embryos into the gonad of developing chicken embryos. The Journal of Veterinary Medical Science 78: 1055-1058
- 4 青柳秀紀 2016: 花粉の新規モニタリング技術の開発ー花粉の自家蛍光特性を活用した花粉種自動識別計数装置の開発と利用ー. Journal of Environmental Biotechnology (環境バイオテクノロジー学会誌) 15: 79-83
- 5 野坂大樹・今泉文寿・西井稜子・上野健一 2016 : 山岳域における植生条件、微気象が土砂移動に与える影響. 中部森林研究 64: 111-114
- 6 林 久喜 2016 : 100億人時代の食料生産に貢献する農学実習教育の苦悩と希望. 「教え人」「学び人」のコミュニケーション p73-80

II. 技術報告・資料・報告書等

- 1 井波明宏・門脇正史 2016 : 筑波大学農林技術センター演習林気象報告ー川上演習林気象観測データ(2014年)ー. 筑波大学農林技術研究 4: 15-22
- 2 佐藤美穂 2016 : 筑波大学農林技術センター演習林気象報告ー筑波実験林気象観測データ(2014年)ー. 筑波大学農林技術研究 4: 31-38
- 3 松岡瑞樹・福田直也 2016 : 低段密植栽培トマトにおける作型、品種、および栽植密度の違いが収量に及ぼす影響. 筑波大学農林技術研究 4 : 1-8
- 4 上治雄介 2016 : 筑波大学農林技術センター演習林気象報告ー井川演習林気象観測データ(2014年)ー. 筑波大学農林技術研究 4: 23-30
- 5 大宮秀昭・松本安広・羽田舞子・新沼館卓也・小原梨那・石川正憲・松崎朝樹・瀬古澤由彦・林久喜 2016 : 大学農場を活用した附属病院精神神経科デイケア、リワークデイケアの企画推進. 大学農場研究 39 : 8-11

III. 口頭発表

- 1 Hemmaty K, Suzuki S, Ishida S, Wachi Y, Yamamoto T, Akiba Y, Hiki H, Miyazaki H, Atsushi A, Ishikawa N and Tajima A (Young Scientist Award/JSAS Excellent Presentaion Award受賞) 2016 : Aptitudes of Ashitaba (*Angelica Keiskei* Koizumi) supplementation on the physiological responses in lactating Holstein-Friesian cows. 18th AAAP Animal Science Congress, August 22-25. Kyushu University
- 2 Maruyama S 2016: High-temperature and water stresses at reproductive and ripening stages in rice. 2016 Korean Society of Crop Science Congress
- 3 Mitsui T and Maruyama S 2016: The Increasing of high temperature sterility of rice plants by spraying plant hormones. Ag-ESD Symposium 2016

- 4 Nagai H, Ohsawa R and Hara T 2016: Genetic analysis of seed shattering in common buckwheat. 第13回国際ソバシンポジウム
- 5 Osibe D and Aoyagi H 2016: Biomediated synthesis of silver nanoparticles using cell extracts of *Catharanthus roseus* and its antibacterial property. “2nd International Conference on Advances in Functional Materials, Jeju Island, South Korea”
- 6 Sasaki M 2016: Effects of maize-cowpea intercropping on yield and forage quality. The International Conference on the 6th KU-UT Symposium 2016
- 7 Suzuki S, Asano A, Tajima A and Ishikawa N 2016 : Effects of feeding Ashitaba (*Angelica keiskei*) on somatic cell count in milk, milk yield and body weight of dairy cattle under heat stress. International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development (Ag-ESD) p82. 筑波大
- 8 Takayama Y, Aoki R, Uchida R, Tajima A and Aoki-Yoshida A 2016 : CXC Chemokine Receptor 4 (CXCR4) is a novel receptor for a lactoferrin (a multifunctional iron-binding milk protein). The EMBO Meeting 2016. Manheim, Germany
- 9 Taniguchi S, Urayama H, Kato M, Asano A, Tajima A and Ishikawa N 2016 : Characteristics of dry matter yields and chemical composition in ratoons of three NERICA (New Rice for Africa) cultivars. International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development (Ag-ESD) p83. 筑波大
- 10 Ushiyama A, Ishikawa N, Tajima A and Asano A 2016 : Possible involvement of membrane rafts in functional damages of cryopreserved chicken sperm. SSR. San Diego, CA, USA
- 11 Yamamoto T, Akiba Y, Hiki H, Shimizu S, Atsushi A, Ishikawa N and Tajima A 2016 : Temporal changes of body conformation in Holstein-Friesian heifers. 17th AAAP Animal Science Congress, August 22-25. Kyushu University
- 12 安田圭佑 2016 : 斜面崩壊地に成立した森林の発達過程における樹種組成とサイズ構造の変化. 山岳科学共同学位プログラム第2回学術集会 ポスター : P-12. 静岡
- 13 安田圭佑・清野達之 2016 : 中部山岳冷温帯針広混交林におけるイラモミ優占林の更新動態及び成長と地形要因との関連性. 第63回日本生態学会. 仙台
- 14 伊藤 睦・大宮秀昭・羽田舞子・新沼鎔卓弥・小原梨那・松崎朝樹・石川正憲・瀬古澤由彦・林久喜 2016 : 野菜栽培を中心とした農業ダイケアプログラムの実施とその効果. 関東・甲信越地域大学農場協議会第80回研究集会. 日本大学生物資源科学部キャンパス内
- 15 羽田舞子・小原梨那・大宮秀昭・伊藤睦・松崎朝樹・瀬古澤由彦・林久喜・石川正憲・新井哲明 2016 : リワークダイケアにおける農業プログラムの効果について～利用者の語りから～. 日本ダイケア学会第21回年次大会. 金沢歌劇座. ポスター発表
- 16 羽田舞子・小原梨那・大宮秀昭・伊藤睦・松崎朝樹・林久喜・石川正憲・新井哲明 2016 : 大学病院の特徴を活かしたリワークダイケアにおける農業プログラムの取り組み. 日本精神障害者リハビリテーション学会第24回長野大会. JA長野県ビル
- 17 羽方大貴・藤岡正博・俵薫乃子 2016 : カラマツ人工林における下層植生の多様性がヤマネの生息確率に及ぼす影響－操作実験による検証－. 日本哺乳類学会2016年度大会講演要旨集 p123. つくば
- 18 羽方大貴・藤岡正博・俵薫乃子 2016 : 林分構造の違いからみたヤマネの生息地選択. 第63回日本生態学会大会講演要旨集 P1-271. 仙台
- 19 益本将宏 2016 : 山岳急斜面における土砂移動の実態把握. 山岳科学共同学位プログラム第2回学術集会 ポスター : P-11. 静岡
- 20 加藤盛夫・宅見秋穂・谷村健太・永西 修・林 久喜 2016 : 収穫時期が草型の異なる飼料用イネ品種の乾物収量および飼料成分に及ぼす影響. 日本作物学会第241回講演会. 東京
- 21 菊池美紗子・辻 隼士・川北兼奨・岩谷拓郎・杉山充啓・吉岡洋輔 2016 : アジア由来キュウリ遺伝資源の褐斑病抵抗性評価と育種素材の探索I. 園芸学研究(園芸学会平成28年度秋季大会)15(別2) : 378

- 22 吉田勝弘・伊藤百世・水田大輝・大澤 良 2016：サクラソウ園芸品種の保存と普及活動. 第15回筑波大学技術職員技術発表会. 筑波大学技術報告 36：5-8
- 23 牛山 愛・田島淳史・石川尚人・浅野敦之 (優秀発表賞) 2016：ニワトリ精子膜ラフトの生化学分析と機能性の検討. 日本畜産学会大会講演要旨. 日本獣医生命科学大学
- 24 高山喜晴・青木玲二・内田 良・田島淳史・青木(吉田)綾子 2016：角化細胞におけるケモカイン受容体CXCR4のラクトフェリン受容体としての役割. 日本ラクトフェリン学会/2016年度臨床ラクトフェリン研究会合同大会. 昭和大学
- 25 高辻春奈・長田晃佳・寺田康彦・巨瀬勝美・瀬古澤由彦 2016：ニホンナシ‘新高’とマンシュウマメナシの果実肥大に及ぼす維管束構造の影響. 園芸学会平成28年度春季大会. 神奈川
- 26 佐々木めぐみ・丸山幸夫・志水勝好 2016：エジプト・ナイルデルタにおけるトウモロコシおよびマメ科作物の間作に関する研究 ―塩ストレスがエジプトのトウモロコシ品種の発芽および初期生育に及ぼす影響― 熱帯農業研究9 (別2): 103-104
- 27 坂口あかね・瀬古澤由彦・菅谷純子 2016：ブドウ‘巨峰’の果皮アントシアニン生合成に対するLED照射の影響. 園芸学会平成28年度秋季大会. 名古屋
- 28 三戸 航 2016：中部山岳地域における地点降水量データを用いた衛星推定降水量の検証. 山岳科学共同学位プログラム第2回学術集会 ポスター：P-03. 静岡
- 29 三輪恵実・岡根 泉・石賀康博・菅原幸哉・山岡裕一 2016：日本産ヤマカモジグサを宿主とする *Epichloë* 属菌の分類学的帰属の再検討. 日本植物病理学会平成28年度大会. 岡山
- 30 小杉 俊 2016：UAV を用いた砂防堰堤整備流域での河床変動の評価. 山岳科学共同学位プログラム第2回学術集会 ポスター：P-07. 静岡
- 31 小林和輝・村山晃一・青柳秀紀 2016：SCF法を用いた植物試料からの新規微生物の培養と評価(第2報). 第68回日本生物工学会大会. 富山
- 32 上霜剛大・八重垣英明・瀬古澤由彦・菅谷純子 2016：貯蔵中のモモ果実における香気生成にエチレンが与える影響. 園芸学会平成28年度春季大会. 神奈川
- 33 上野健一 2016：JALPS 気象観測拠点を活用した衛星降水検証実験. 山岳科学共同学位プログラム第2回学術集会 ポスター：P-01. 静岡
- 34 清野達之・宮田恵美・高久朋子・菊地亜矢子・川田清和・上條隆志 2016：ハケ岳東麓の湿地林における立地環境の違いによる8年間の樹木更新動態パターン. 第63回日本生態学会. 仙台
- 35 大宮秀昭・松本安広・羽田舞子・新沼館卓也・小原梨那・石川正憲・松崎朝樹・瀬古澤由彦・林久喜 2016：農林技術センターを活用した附属病院精神神経科デイケア、リワークデイケアの企画推進. 第15回筑波大学技術職員技術発表会. 筑波大学技術報告 36：1-4
- 36 宅見秋穂・加藤盛夫・永西 修・林 久喜 2016：窒素追肥と収穫時期が草型の異なる飼料用イネの生育と乾物収量に及ぼす影響. 日本作物学会関東支部会報 31: 20-21. 宇都宮
- 37 谷口末峰 2016：南アルプス付加体堆積岩山地における基岩湧水の降雨応答特性. 山岳科学共同学位プログラム第2回学術集会 ポスター：P-06. 静岡
- 38 谷口末峰・山川陽祐・経隆 悠・堀田紀文・山中 勤・岸 和央 2016：南アルプス付加体堆積岩山地における基岩湧水の降雨応答特性. 平成28年度砂防学会研究発表会 ポスター：P1-050. 富山
- 39 谷村健太・加藤盛夫・雑賀正人・永西 修・林 久喜 2016：低コスト・省力栽培を目指した飼料用イネ疎植栽培における生育および乾物収量の比較. 日本作物学会関東支部会報 31: 22-23. 宇都宮
- 40 中島友紀・福田はるか・大沼 学・村田浩一・植田美弥・須永絵美・白石利郎・田島淳史 2016：コウノトリおよびホオアカトキ胚から分離された生殖巣生殖細胞におけるニワトリ胚生殖巣への移住能解析. 日本畜産学会大会講演要旨. 日本獣医生命科学大学
- 41 藤岡正博・村山恒也・小宅成美・中下留美子 2016：北海道苫小牧市に新規定着したカササギの食生活. 日本鳥学会2016年度大会講演要旨集 p117. 札幌
- 42 藤森祥平・阿部淳一・山岡裕一 2016：ネジバナの菌根菌 *Epulorhiza* 属菌の地理的分布. 日本菌学会60回大会. 京都
- 43 内田 良・青木玲二・青木(吉田)綾子・田島淳史・高山喜晴 2016：ウシラクトフェリンによるヒト表皮角化細胞の分化とバリア機能の促進. 日本ラクトフェリン学会. 昭和大学

- 44 俵 薫乃子・藤岡正博・羽方大貴 2016：ハヶ岳山麓では牧草地の存在は森林のシカ密度に影響していない？. 日本哺乳類学会2016年度大会講演要旨集 p133. つくば
- 45 林 久喜 2016：ソバの収量性. 第16回ソバ研究会. つくば
- 46 高野美幸・大橋一晴 2016：花の向きは訪花者相の‘フィルター’として機能しうるか？ ～操作実験による採餌行動の比較. 2016年度(第48回)種生物学シンポジウム. 北海道
- 47 山下綾子・中村真由・望月玲於・青柳秀紀 2016: ストロンチウムがツバキ花粉の生理活性に及ぼす影響の解析. 第68回日本生物工学会大会講演要旨集 p.314
- 48 山内実月・原 尚資・佐藤里絵・向井仁美・大澤 良 2016：ソバ主要アレルゲンFag e 2の遺伝子領域内変異と抗原抗体反応差異の探索. 日本育種学会第130回講演会
- 49 永井博也・森下敏和・大澤 良・原 尚資 2016：ソバの非離層形成型脱隆盛に関する遺伝解析. 日本育種学会第130回講演会

IV. 博士論文

生命環境科学研究科

- Mananya Panyadhira：Establishment of Polyculturing System in a Paddy Rice Field Using Living Mulch
 Nguyen Thi Men：Studies on Porcine Embryonic Development after Intracytoplasmic Sperm Injection using Freeze-dried Sperm
 Takahiro OGAI：The Effects of Mountain Landscapes on the Biodiversity Formation of Epigeic and Subterranean Arthropods:Community-wide Approach
 小山真一：水稻生産性の向上と地球温暖化緩和を目的とした籾殻くん炭の黒ぼく土水田への還元利用
 山下綾子：ストロンチウムがツバキ花粉の生理活性に及ぼす影響の解析

V. 修士論文

生命環境科学研究科

- Abe Eiko Juliana：Effects of Heat Treatment on Carbohydrate Metabolism in Banana Fruits
 Hemmaty Kobra：Study on alleviation of heat stress in domestic animals
 佐藤文香：エジプト・ナイルデルタにおける水稻の生育、収量および水利用効率に及ぼす灌漑間隔の影響
 福田はるか：ニワトリ初期胚生殖巣生殖細胞(GGCs)の遊離および移住能に関する研究
 鈴木 麗：ニワトリ初期は生殖巣におけるCa依存性のGGC遊離メカニズムの解析
 永井博也：ソバの脱粒性に関する遺伝解析
 山内実月：ソバ主要アレルゲンFag e 2の遺伝子領域内変異と抗原抗体反応性差異の解析

静岡大学大学院農学研究科

- 佐藤利未：生計選択に働く”ちから” —生計と社会の共進化に着目して—
 野坂大樹：植生条件と微気象が急傾斜地の土砂移動に与える影響

VI. 卒業研究

生物資源学類

- 牛丸友作：ニホンナシ‘幸水’のジョイント栽培のための大苗生産
 高辻春奈：維管束構造の違いがニホンナシ‘新高’とマンシュウマメナシの果実サイズに及ぼす影響
 坂口あかね：ブドウ‘巨峰’の培養果粒における果皮アントシアニン生合成に対するLED照射の影響
 小柳津延予：ブドウのポストハーベストにおける熱処理、OPP包装およびエチレン吸収剤の影響
 清水正太郎：筑波大学農林技術センターにおけるホルスタインの発育特性の解析
 浅見拓也：茨城県県南地区において2008年から2015年までの間に出荷された生乳成分に関する研究調査
 宅見秋穂：出穂期の窒素追肥と収穫時期が飼料用イネ品種の乾物収量および飼料品質に及ぼす影響
 谷口未峰：南アルプス付加体堆積岩山地における基岩湧水の降雨応答特性

谷村健太：開放系大気CO₂増加 (FACE) 実験における疎植栽培条件での飼料用イネ品種の乾物収量
および飼料品質の評価

中原未来：ニワトリ胚生殖巣からPBS [-]法を用いて分離される生殖巣生殖細胞 (GGCs) 数に及ぼ
す生殖巣および胚体の大きさの関連性に関する研究

中島あずさ：ニホンナシ‘豊水’の果実サイズにおける維管束発達の影響

中島明香：ネリカの耐塩性に及ぼすケイ素の影響

朝比奈唯：Lactobacillus paracasei EG9株の塩ストレス応答機構の解明

塚 光：塩水処理栽培がエジプトの耐塩性コムギ品種の無機成分および飼料成分に及ぼす影響

藤田紗織：異なる品種におけるモモ果実の香気のプロファイリング

長野正太：土壌を用いたソバの発芽時湿害耐性の簡易評価法の確立

向井仁美：ソバのFag e 2タンパク質変異個体の探索

森奈津子：ソバのルチン含量の遺伝的安定性の把握

筑波大学農林技術研究 投稿規定

Tsukuba Journal of Agriculture and Forestry

1. 「筑波大学農林技術研究」は、農林技術センターを利用した、もしくは農林技術センターの活動に資するところが顕著と考えられる農林学等に関する総説、原著論文、技術報告および資料を掲載する。
 - (1) 総説は、研究および技術の概況・沿革・展望などをとりまとめたものとする。
 - (2) 原著論文は、農林学等に関連深い基礎的あるいは応用的研究であり、独創性のある学術上の新知見を含み、論文として完結した体裁を整えているものとする。
 - (3) 技術報告は、実用性の高い技術に関するものとする。
 - (4) 資料は、農林学に関する新たな情報や資料とする。
2. 筆頭著者は、筑波大学の教員、職員および学生とする。
但し、編集委員会が認めたときはこの限りでない。
また、学生が単独で投稿する場合には、投稿時に指導教員の確認書を添付する。
3. 投稿原稿は、和文または英文とし、未発表のものに限る。
英文原稿全文および和文原稿のAbstractは、著者の負担により英文校閲を受けたものとする。
4. 「筑波大学農林技術研究」は、電子媒体で出版し、農林技術センターのHPおよびtulips-journal (Tulips-R) で公表する。この場所以外でのweb 公開などを禁ずる。
5. 提出原稿の本文は、原稿作成要領に基づきコンピューターソフト (Microsoft Wordが望ましい) で作成する。
6. 原著論文および技術報告は、図表を含め原則として刷り上がり10ページ以内とし、総説および資料は、図表を含め原則として刷り上がり15ページ以内とする。
7. 投稿原稿の審査と採否
投稿原稿の審査は編集委員会が委嘱した学内外の審査員が行い、審査結果に基づいて編集委員会が採否を決定する。
10. 原稿は、電子ファイルで投稿する。
11. 著者負担費用は以下の通りとする。
 - (1) 原稿の投稿料は無料とする。
 - (2) 超過ページ料として、原著論文および技術報告については刷り上がり10ページを越えた分について、総説および資料については刷り上がり15ページを越えた分について、1 ページにつき5,000円の割合で負担する。
 - (3) カラー図・表など、別途費用がかかる場合は実費負担とする。
 - (4) 別刷は有料とする。
12. 原稿および編集に関する問い合わせは、農林技術センター教育研究企画班が担当する。
13. 「筑波大学農林技術研究」に掲載された原稿の著作権は、筑波大学農林技術センターに帰属する。
14. この投稿規程の改訂は、筑波大学農林技術研究編集委員会の議を経て行う。
15. 最終原稿の締切日は編集委員会の指定した日とする。
16. 著者校正は初稿のみとし、原則として原稿内容の変更は認めない。
17. 原稿の提出先、その他編集についての問い合わせ先は下記のとおりとする。

農林技術センター教育研究企画班

E-mail : kk@nourin.tsukuba.ac.jp

Tel :029-853-2596, Fax : 029-853-6205

平成24年 7 月19日制定

平成24年10月 5 日一部改訂

平成27年 7 月31日一部改訂

筑波大学農林技術研究 原稿作成要領

Tsukuba Journal of Agriculture and Forestry

1. 文書作成ソフトウェア入力

- (1) A4版用紙に上下左右各35mmの余白をとり、原則としてMSワードで原稿を作成する。
- (2) 和文原稿の場合は1 ページ21行、1 行22文字(全角)で作成する。フォントの種類はMS明朝、フォントサイズは10.5ポイントとする。
- (3) 英文原稿の場合は1 ページ21行で作成する。フォントの種類はTimes New Roman、フォントサイズは10.5ポイントとする。
- (4) 和文原稿は原則として全角の書体を用いる句読点は全角の“、。；：”などを使用する。句点に“.”を使用しない。カタカナ、“・？～％”も全角とする。但し、アルファベット、数字、／は半角とする。
- (5) 英文原稿は原則として半角の書体を用いる。
- (6) 和文原稿にあっても“() 「 」”は半角を使用する。
- (7) 原稿には各ページ下中央部にページ番号を付すとともに、ページごとに行番号をつける。

2. 原稿の記載順序

(1) 和文原稿の場合

a. 研究論文、技術報告および資料

表題、著者名、所属、郵便番号、住所、要旨、キーワード、緒言、材料および方法、結果、考察、謝辞、引用文献、英文表題、著者名(ローマ字)、Institution、Address、Zip code、Country、Abstract、Key words、表、図

b. 総説

表題、著者名、所属、郵便番号、住所、要旨、キーワード、本文、引用文献、表、図

(2) 英文原稿の場合

a. 研究論文、技術報告および資料 (Original article、Technical report、Reference)

Title、Names of author(s)、Institution、Address、Zip code、Country、Abstract、Key words、Introduction、Materials and Methods、Results、Discussion、Acknowledgements、References
和文表題、著者名、所属、郵便番号、住所、要旨、キーワード、
Tables Figures

b. 総説 (Review article)

Title、Names of authors、Institution、Address、Zip code、Country、Abstract、Key words、
Body of the article、References、Tables、Figures

3. 表題、著者名、所属

- (1) 表題として連報は認めない。
- (2) Titleは前置詞、冠詞、接続詞以外は大文字で始める。
- (3) 著者名のCorresponding authorには右肩に*を付す。なお、単著者の場合も*を付す。
- (4) Names of author(s) の記載はFirst name は先頭の文字のみを大文字とし、Family name は全文字を大文字とする。
- (5) 所属機関名は略記しない。著者の所属機関が複数の場合は全著者の右肩に¹、²を付け、所属を記入する。日本以外の機関に所属する著者は国名も記入する。
- (6) 著者名の記載されているページの脚注にCorresponding authorの所属、住所、電子メールアドレスを記入する。

4. 要旨、キーワード

- (1) 要旨は改行しない。また、図表や文献を引用しない。和文の場合は400字以内、英文の場合は250語以内とする。
- (2) キーワードは6語以内とし、和文では五十音順、英文ではアルファベット順とする。

(3) Key words に記載する単語はいずれも大文字で始める。

5. 用語

- (1) 学術用語以外は原則として常用漢字を使用し、平易、簡潔な文章とする。暦年は西暦で記載する。
- (2) 図、表に統一し、第*図、第*表としない。写真は図とする。
- (3) 物質名は原則として塩酸、エタノールのように名称を記入し、化学式で記載しない。
- (4) 略字、略号を用いるときは、最初にそれが出てくる場所で、例えば“個体群成長速度(CGR)”のように正式名称とともに記入する。
- (5) 数字は原則としてアラビア数字を用いる、但し、一部分、二三の例のような熟語には漢字を使用する。また、“1,000”のように位取りの“,”は使用しない。
- (6) 表示単位は原則としてSI単位を使用する。
- (7) 本文中の項目細別記号は、1、2、3、…；(1)、(2)、(3)、…；a、b、c、…；(a)、(b)、(c)、…の順に使用する。
- (8) 学名のうち、属名および種名はイタリック体とし、命名者名やvar.などの語はローマン体とする。

6. 引用文献

- (1) 記載順序は筆頭著者の姓のアルファベット順とする。同一筆頭著者のものは年次順とする。同一筆頭著者で同一年次のものは年次の後にa、bなどを付す。
- (2) 引用文献リストの頭に番号はつけない。
- (3) 和文文献では姓と名の間を空けない。英語文献では姓以外はイニシャルとする。同一著者、同一表題が続くときでも略さない。
- (4) 雑誌名は略さず記入する。
- (5) 本文中の文献引用形式は、例えば著者が2名までは、筑波・茨城(1995)、Tsukuba and Ibaraki (1995)、3名以上は(筑波ら 1998)、Ibarakiら (2000a)のように記載する。

引用文献記載例

(雑誌)

藤川智紀、高松利恵子、中村真人、宮崎 毅 (2007) 農地から大気への二酸化炭素ガス発生量の変動性とその評価. 日本土壤肥科学雑誌 78:487-495.

Takahashi W, Vu NC, Kawaguchi S, Minamiyama M and Ninomiya S (2000) Statistical models for prediction of dry weight and nitrogen accumulation based on visible and near-infrared hyper-spectral reflectance of rice canopies. Plant Production Science 3:377-386.

(書籍)

天野洋司 (1994) 日本の土壌. 松坂泰明、栗原淳 (監修)、土壌・植物栄養・環境事典. 博友社、東京. pp 52-57.

Simmonds NW and Smart J. (1999) Principles of crop improvement. Second edition. Blackwell Science, Oxford. pp27-35.

(オンライン)

南 泰明 (2006) シクラメン開花に及ぼす植物ホルモンの効果. 開花調節, DOI 10.1012/s011200550058. (参照 2012年 7 月27日)

Vain P (2007) Thirty years of plant transformation technology development. Plant Biotechnology Journal, DOI: 10.1111/j.1467-7652.2006.00225. (Accessed July 3, 2012)

7. 図表

- (1) 図表は別紙とし、A4版用紙1枚に一つの図もしくは表を、用紙の中央に配置する。
- (2) 図表は原則として統計処理に関する記述を含むこととする。
- (3) 和文の場合、図表の表題、図の軸の説明は和文とする。
- (4) 図の縦軸の見だしは軸に沿って下から上に横書きとする。

- (5) 図の表題は図の下、中央部に記し、その下に注を記載する。
- (6) 表の表題は表の上、中央部に記し、注は表の下に記載する。
- (7) 図の原図は軸の見出し、凡例を含めて直ちに製版できるように作成する。なお、図を囲む枠は使用しない。
- (8) 表は横線のみを使用し、縦線は使用しない。
- (9) 図表は本文中に入れない。本文における挿入位置は原稿右欄外に指定する。

8. 脚注

- (1) 著者名と図表の注に使用する記号は半角の上つき文字、“*、**、¹、²”とし、“^x、^y、^z”は使用しない。
- (2) 統計的有意差を示す記号は原則として“a、b、c、…”を使用し、脚注には用いた検定方法および棄却水準を明記する。

9. 提出用電子ファイル

- (1) 論文が受理された場合、完成原稿1部を「筑波大学農林技術研究」編集委員会に提出する。あわせて、原稿および図表のファイルを電子メールに添付して編集委員会に提出する。なお、これらのファイル容量が5MBを越える場合は筆頭著者名、保存ファイル名を明記した電子媒体に保存したものを提出する。

平成24年7月19日制定
平成24年10月5日一部改訂

筑波大学農林技術研究 第5号

発行 平成29年3月31日
筑波大学農林技術センター
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
電話 029-853-2596
印刷所 アシストプロ株式会社