

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：52301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K02970

研究課題名（和文）高専卒業生の生産性向上の能力を継続的に養成するための教育プログラムの開発と評価

研究課題名（英文）Development and evaluation of educational programs to continuously cultivate the ability of KOSEN graduates to improve their productivity

研究代表者

先村 律雄（SAKIMURA, Ritsuo）

群馬工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：60784296

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：教育プログラムを受けた高専卒業生が勤務する会社は、生産性向上の機材・仕組みは誰かから与えられ、これを安価に購入すればよいとの認識であったが、卒業生が開発した機材が業務で活用され、生産性向上ができたことにより、10人程度の工事会社でも、高専卒業レベルの社員に教育を施せば、生産性向上の仕組みを独自に開発できることを実証、卒業生とその会社の開発に対する意識が変わった、これが本研究の成果である。

本教育プログラムの最終ゴールである受注は、コロナ下で活動が制限され動画カタログを作成して販売活動を続けたが、2024年3月31日現在販売台数はゼロ、今後も販売活動を続け最終評価をおこなう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土工事分野の生産性向上に関する開発をおこなう場合の基礎的知識として、測量で使う投影計算、GPS座標系とジオイド計算方法、設計データをデジタル化するために空間上の面・直線方程式を使いモデル化する幾何学、機器のキャリブレーション解析に必要な最小2乗法等の統計学が身に付けば、開発に必要とする理論を網羅していることがわかった。

卒業生の所属する会社経営者は自社開発の発想自体がなかったが、試行工事で発注者に認められた後、人材が揃えば開発メーカーのように物が作れることを理解、今は卒業生が社内教育をおこない、全社員の能力向上、更に、商品として販売する可能性、ビジネスの幅を広げることがわかった。

研究成果の概要（英文）：However, the fact that the equipment developed by the graduates was utilized in their work and improved productivity demonstrated that even a construction company with about 10 employees can develop its own productivity improvement system if it provides training to its employees at the level of KOSEN graduates. The graduates and their companies have changed their attitudes toward development, which was the outcome of this study. The final goal of this educational program was to receive orders, but the sales volume was zero as of March 31, 2024, although the company continued sales activities by creating a video catalog.

研究分野：ICT施工

キーワード：高専卒業生 生産性向上 教育プログラム 土工事 GPS ICT

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 高専卒業生、特に女子の場合、就労継続率が25%以下で、転職・再就職のうち技術職に就いている女子卒業生は46.1%と半数にも満たなく、女子卒業生の32.3%が無職と女子卒業生が技術者として社会に十分還元されていない実態があり、20年以上技術者として就労している女性は2%程度である。

(2) 土工事で、土量1,000m³あたりに必要な作業員数は1984年とその30年後を比較するとほとんど向上しておらず、国土交通省はICT技術を活用した3次元測量、ICT建設機械による施工、あるいは検査の省力化をおこなう「i-Construction」を推進、その流れの中で開発試作機を試行工事で試すことが容易な状況になってきた。②

(3) 国内機器メーカーから販売されるGPS、LiDARあるいは慣性センサー等は、1基100万円を超えるので稟議が必須で簡単に購入できなかったが、1-3万円程度で同等品を販売する海外機器メーカーが現れ、開発システムに組み込むコンピュータにRaspberry Piを使うと10万円以下で同等品を作製でき、開発言語も初心者への負担が少ないPython等の出現により、開発環境の“しきい”が低くなってきた。

2. 研究の目的

(1) 高専卒業生が生産性向上のための開発能力を身に付け地域社会に貢献することが研究目的で、開発能力の中で最も重要な生産性向上を妨げている問題が何かを発見することからはじめ、その発見内容で生産性向上の効果を見積もる、実際には、起工測量や建設機械を使った実業務をしながら問題を発見、解決の方法を考え企画書作成、組織に開発の承諾を得た後、開発試作機を作製、その後試行工事に投入し効果を評価する。

(2) 高専卒業後就職を選択した場合、卒業研究の発表が必修である一方、学会発表等外部機関での発表機会は極めて少ないため、研究成果を社会に発信するためのプレゼン資料の作成およびプレゼン機会を増やし、地域に活動内容を知らしめ生産性向上の仲間をつくり、地域ぐるみで開発成果を共有・活用、地域全体で生産性向上をおこなう仕組みをつくる。

(3) 土工事の施工プロセスは日本のどの地域（世界中）も、ほぼ同じ機材かつ同じ進め方であり、開発した“モノ”はどこでも活用できる可能性が高く、例えばボタン一つで測量ができる簡単な仕組みを意識して開発をおこなうと、これを同業者に販売することにより、自身の地域だけでなく全国規模でも利用可能なので、社会貢献を全国規模に展開する。

3. 研究の方法

(1) 卒業生は業務を通して、経験を積みながら時間・人工を要する作業、あるいはめんどろな作業が何かを発見し、この問題をどのようにすれば解決できるかを考え、実現化するために必要な方法を企画、組織に開発の承認を得ることから始める。

(2) 開発承認が得られた後、開発に必要な機材の購入手配・開発環境の準備をおこない、試作と評価を繰り返しながら現場で試行実験ができるレベルまで組み上げ、利用する実験現場の発注者が自治体の場合は、税金による公共事業となるため試作機が現場で使用できるように認定を取る作業、そして発注者に公共事業に使えるように承認を得る。

(3) 生産性向上数値化と販売戦略

試行実験結果から、これまでの作業からどれくらい生産

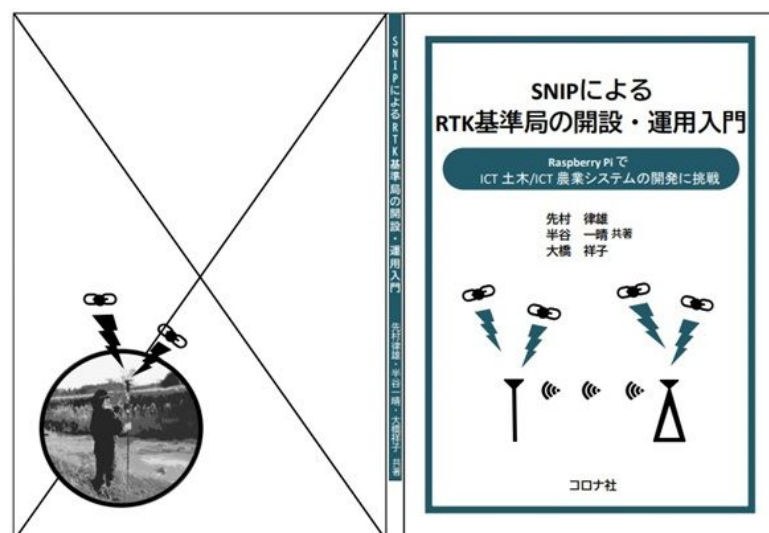


図1 「SNIP による RTK 基準局の開設・運用入門」

ISBN:978-4-339-00929-3

性向上ができたのかを調べ、販売活動を促進するために、専門誌・学会に論文を掲載、受注を目指す。

4. 研究成果

(1) RTK-GPS 基準局設置のための書籍「SNIP による RTK 基準局開設・運用入門」を卒業生とともに執筆をおこない発刊、現在（2024 年 5 月 17 日）販売中である。（図 1）

研究に活用する RTK GPS 測量は、図 2 に示すよう“Base”と呼ばれる基準局が必要である。“Rover”側は、基準局で計測された“補正信号”を受信することにより、高精度で測量が可能となる。研究当初時の 2 周波 GPS 受信機の価格は 100 万円を超えており、補正情報を配信するプロバイダーから数千円/月程度で補正情報データを購入するのが一般的であった。2010 年初頭から安価受信機が出現、5-6 万円で購入できるようになったため、基準局の補正情報をプロバイダーから購入するより自ら設置したほうが経済的で、自ら設置することにした。設置に際し基準局の設置に関する情報、あるいは日本語教本が見つからなかったため、英語文献等やインターネットを検索しながら、設置を進めた。日本語の教材等があれば 1 日で終わるところ、1 週間以上を費やしたため、今後続くエンジニアのことを考慮して執筆することにした。

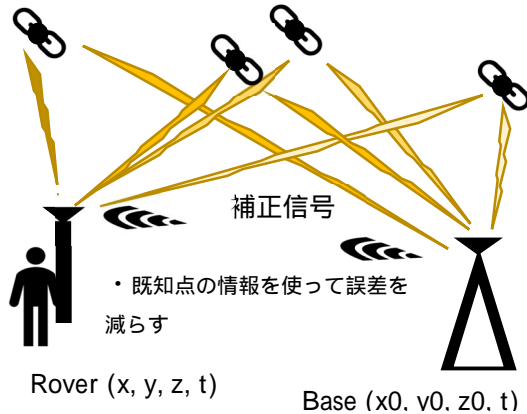


図 2 RTK-GPS 基準局（Base）の役割



図 3 基準局開設

図 3 に示すよう卒業生の事務所に基準局を設置しながら執筆を進めた。この基準局の開設により、卒業生の所属する会社は、ほとんどの業務で RTK-GPS を使うようになった。



図 4 開発した試作機

(2) 基準局設置および移動局(Rover)試作機の完成により試行実験ができる状態になった。自治体（都道府県）から受注した工事は税金を使う公共事業であるため、試行現場で使用する測量機器は所要の精度を公的機関から保証してもらう必要がある。そこで卒業生が公的機関申請のためのサンプルプログラムを作成、その後申請前のプログラムの動作チェックをおこない、問題ないことを確認した。（図 4）その後、申請をおこない、公的機関である日本測量協会から図 5 の成績結果を受け、試作機を公共工事（日本全国）で使うことが可能となった。

GNSS 受信機性能検査成績書

契約番号 第 G19-0244-01号

2019年9月19日

株式会社大手組 殿

東京都文京区白山一丁目3番18号
公益社団法人日本測量協会
会長 清水 英樹

検定要領に基づいて検定した結果は、下記のとおりである。

記

機種及び製造番号	受信機	株式会社クリーンデータ	TEIGNSS873P9E-E(C)	No.001			
	アンテナ	株式会社クリーンデータ	ANTANNEH00P20-E	No.001			
検査年月日	2019 年 9 月 19 日						
技術管理者	測量士 成田 次 範						
検定者	測量士 桑 原 範						
検査内容	外觀・構造 及び機能	良 好					
	性能	良 好					
判 定 (観 測 方 法)	公共測量作業規程の準則による測量機器個別性能分類 『1 級GNSS測量機』 RTK法の観測精度に相当						
備 考	使用基座：日本測量協会管理 国土地理院登録比較基準						

成績書の内容についてご不明の点は、下記へお問い合わせ下さい。

公益社団法人日本測量協会 機器検定部
TEL 029-848-2004 E-Mail: inst@ngso.or.jp

成績書の内容についてご不明の点は、下記へお問い合わせ下さい。
公益社団法人日本測量協会 機器検定部
TEL 029-948-2004 E-Mail: inst@jso.or.jp

図 5 性能検査成績書

(3) 図4の試作機を用いて、表1の試行現場で検証実験をおこなった。本現場の発注者は群馬県（公共工事）であり、図5の検査成績書を実験前に群馬県に提出した。本現場に試作機を投入すると従来法の約4倍の生産性向上が確認できた。卒業生は、起工測量、および測量作業を担当し、これら成果を論文にした。次に、この試作機を周知させるため、卒業生は群馬県建設業協会の研修会でティーチングアシスタント、更に測量メーカーに販売活動をおこなった。（図6）

表1 試行現場（起工測量）

工事名	単独公共河川維持補修堆積土除去（その1）
工事場所	1級河川秋間川 安中市下秋間地先
発注者	群馬県安中土木事務所
受注者	株式会社大手組
工期	平成30年11月14日～平成31年3月15日
実験日	2019年1月21日
断面数	29断面（20m間隔）

(4) 図4の試作機を拡張して建設機械の一つであるバックホウのマシンガイダンスシステム（MG）の開発をおこなった。バックホウのオペレータは丁張杭により掘削位置を確認するが、丁張杭の代わりに運転席内のコンピュータの指示により掘削をおこなうシステムがMGである。このシステムは、6か月レンタルで400万円を超えるため、卒業生が勤務している完工高2億円の業者でも利用できるよう100万円以下でレンタルできるMGシステムの開発を目指した。MGシステムは、稼働前にキャリブレーションと呼ばれる校正作業をおこなう必要がある。バックホウに3台のGNSS受信機と3基の角度センサーを取り付けバケット刃先端位置の座標を計算、設計データと比較することにより掘削開始位置を求めることができる。図7は3基の角度センサーを取り付けた状態である。ブームに角度センサーを取り付けるとき、ブームが水平状態のとき、角度センサーの角度値も0°の状態

で取り付ければキャリブレーションは必要ないが、事実上難しいため取り付け誤差が発生する。この取り付け



図7 角度センサー（3基）取り付け

け誤差をキャリブレーションで求めることにより、ブームの水平距離の計算が三角関数により可能となる。キャリブレーション作業結果によりバケット刃先の座標精度が決まるため、所要精度に満たないと再作業となる。キャリブレーション作業は、1回で所要の精度をクリア、短時間、かつ少人数での作業が重要である。一人でキャリブレーションができるよう、ブーム・アーム・バケットのキャリブレーションの前に、予めプリズムをブームの先端・アームの先端・バケット刃先に設置しておき、運転席で、TSからの座標と角度センサーの角度を同時に計測しながらエクセルシートに記録できる方法を卒業生が考案した（図8）。この方法は座標精度を数ミリ単位で計測できるTSを使い、キャリブレーションの全点を全て計測するので、一部の位置だけ精度が劣化する可能性が低く、精度保証の担保が容易であること、キャリブレーションの全工程を一人で作業できるため、生産性の向上が期待できる。キャリブレーション作業後、試行実験をおこない、管理要領許容値である5cm（真値をレベルした差分）をクリアした。この試行実験の成果が、群馬建設新聞（図9）に掲載された。また、専門誌に投稿した。卒業生も業務に自信を持つようになった。



図6 卒業生による販売活動



図8 一人キャリブレーション

(5) 販売活動用のツール動画カタログを作成した。(図 10)
開発した MG システムの概要を 10 分程度で理解できる動画を作成した。市井の製品との違いが理解できるように、エクセルによる設計データ入力、キャリブレーション方法を強調したシナリオで制作、英語版も制作後アップした。今回の研究では受注まで至らなかったが、引き続き受注活動を続けるつもりである。

<引用文献>

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsee/59/3/59_3_3_67/_pdf/-char/ja



図 9 群馬県建設新聞掲載

ICT 導入協議会第 1 回平成 28 年 2 月 5 日【資料-1】建設現場の生産性に関する現状,国交省 HP, pp4~6

SNIP による RTK 基準局開設・運用入門- Raspberry Pi で ICT 土木/ICT 農業システムの開発に挑戦 - ！ 律雄, 先村, 一晴, 半谷, 祥子, 大橋 ！ 本 ！ 通販 ！ Amazon (2024.4.30.)

先村律雄, 小林雅人, 大橋祥子, 大手一信, 半谷一晴, 1 周波

GNSS を用いた計測システムの開発と検証, 応用測量論文集, 2019, Vol.30, 日本測量協会 pp.153-163

大橋洋子, 半谷一晴, 先村律雄, MG システムのキャリブレーション作業の調査, 2022, 土木学会第 77 回年次学術講演会第 部門

先村律雄, 半谷一晴, 大手一信, 大橋祥子, 花岡雄矢, 大手一信, 小規模工事用 3 DMG システムの開発と検証, 建設機械施工, 2022, Vol.74, 日本建設機械施工協会 pp.81-89

【群馬高専】バックホウ用 MG 作ってみた第 1 話 (youtube.com) (2024 年 5 月 10 日現在)

研究・地域連携 ▶ すべて再生



図 10 販売用動画

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 先村律雄，半谷一晴，大手一信，花岡雄矢，大橋祥子	4. 巻 74
2. 論文標題 小規模工事用 3 DMGシステムの開発と検証	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 建設機械施工	6. 最初と最後の頁 pp81-pp89
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ritsuo Sakimura	4. 巻 ISSUE 2
2. 論文標題 Finding a new world: Women in recurrent education	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Innovation Platform	6. 最初と最後の頁 123-124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ritsuo SAKIMURA Issei HAN-YA	4. 巻 -
2. 論文標題 A Recurrent Education for A Graduate from the Technical College through Collaborative Research	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISATE2019	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ritsuo SAKIMURA	4. 巻 110
2. 論文標題 Recurrent Education Aiding Women in Engineering Careers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Research OUTREACH	6. 最初と最後の頁 62-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 先村律雄、小林雅人、大橋祥子、大手一信、半谷一晴	4. 巻 30
2. 論文標題 1周波GNSSを用いた計測システムの開発と検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用測量論文集30	6. 最初と最後の頁 153-163
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大橋祥子
2. 発表標題 MGシステムにおけるキャリブレーションの作業性調査
3. 学会等名 土木学会全国大会第77回年次講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚望菜美、先村 律雄
2. 発表標題 群馬高専で開発したICT計測システムの事業化に向けた検討
3. 学会等名 第48回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋祥子、大手一信、半谷一晴、先村律雄
2. 発表標題 NTRIPを用いた1周波GNSSによる出来形計測
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会第 部門
4. 発表年 2019年

1．発表者名 先村律雄、半谷一晴、小林雅人、大橋祥子
2．発表標題 小型軽量2周波NTRIPシステムの基礎性能実験
3．学会等名 土木学会第74回年次学術講演会第 部門
4．発表年 2019年

1．発表者名 先村律雄、半谷一晴、小林雅人、大橋祥子
2．発表標題 1周波RTKシステムの基礎性能実験
3．学会等名 土木学会第73回年次講演会
4．発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1．著者名 先村律雄 半谷一晴 大橋祥子	4．発行年 2019年
2．出版社 コロナ社	5．総ページ数 160
3．書名 SNIPによるRTK基準局開設・運用入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>試作機の販売促進用に動画を制作、学校の公式YouTubeチャンネルにアップロードした。</p> <p>【群馬高専】バックホウ用MG作ってみた第1話 https://www.youtube.com/watch?v=xGjC2znd8jk MG system from NITGCEpisode1 https://www.youtube.com/watch?v=803IWE6Zmrk</p>
--

6．研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	鈴木 一史 (Suzuki Kazufumi) (90529041)	静岡理科大学・理工学部土木工学科・准教授 (33803)	

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------