

令和2年度 i-Construction 大賞
i-Construction 推進コンソーシアム会員の取組部門 国土交通大臣賞 受賞

高校生が挑戦！ ICT 施工全面実用化に向けた研究 ～農地の地盤改良事業～

ほりけ けんたろう
北海道岩見沢農業高等学校 教諭 堀毛 憲太郎

1. はじめに

私が勤務する北海道岩見沢農業高等学校は、広大な空知平野に位置し、農業や畜産など7つの学科で約800名の生徒が、生命、食、環境、エネルギー等の各分野の高度で専門的な知識や技術を身に付けることができるように、人材育成に取り組んでいます。

今回（2019年度）、農業土木工学科2年生開発土木専攻班（以下、「専攻班」という）9名の生徒が、科目「課題研究」で1年間にわたりプロジェクト学習に取り組みました。一般社団法人空知建設業協会様（以下、「空知建協」という）に、技術・資材面で全面協力をいただき、「全ての工程を生徒がやりきった」研究内容について紹介します。

2. 課題の設定

まず、地域の課題について調べ学習を行いました。その結果、北海道は人口減少率・高齢化率ともに全国の中でも高く、これから深刻な労働力不足になると予測されていることが分かりました。

国土交通省では、i-Construction という施策を進め、建設業全体の生産性向上を目指していま

す。その項目の一つである ICT 施工は、さまざまな現場で実用化に向けた検証が行われていますが、即戦力と期待される経験が浅い者による全面的な ICT 施工の検証は未だ例がありません。

2018年度、本専攻班では ICT 施工実用化に向けた研究を開始し、起工測量や出来形評価について ICT 施工と従来施工の数値比較をすることができ、効率化だけではなく 3D データにより、さまざまな情報を把握しやすくなることを理解しました。一方、研究の課題として、生徒が許可の必要なドローンの操縦をできなかった、大型重機の検証をできなかった、研究に使用した面積が小さく作業量を比較しにくかった、の3点がありました。

そこで2019年度は、排水性が特に悪い本校の圃場 0.2 ha の地盤改良を実施することにより、課題である検証面積を確保しました。

また、生徒自らがドローンを飛ばせるよう2018年度の12月から操縦訓練を行い、専攻班員9名全員が操縦許可を得ました（写真-1）。さらに2019年度は、人口減少という大きな課題に向け、「地域企業連携で人をつくる」というビジョンを持つ空知建協と連携し、2018年度は実施できなかった最先端の大型重機での施工を含む施工全面で比較検証できるようになりました（写真-2）。

研究を開始するに当たり、仮説を二つ立てました。



写真-1 生徒がドローンを操縦する



写真-2 空知建協との連携授業「地域企業連携で人をつくる」

「全面的な ICT 施工が生産性を向上させる」
 「ICT 施工は、熟練者でなくても品質と安全性を確保できる」

3. 計 画

2019年4月に先輩方と引き継ぎの会議を実施し、詳細な計画を決めました。ドローンや大型重機を使用するために、安全講習を4～6月に実施しました。また、重機での施工比較は予想以上に時間がかかるため、当初の計画に追加して、夏休みに毎日施工実習を行いました。検証に使用する圃場は、従来施工と ICT 施工を比較するため半分にし、排水性改善のため、整地と排水工を同条件で実施しました（図-1）。

主に使用した ICT 機材は、ドローンは大型で安定性の高い inspire 1 を使用し、2,080 万画素の

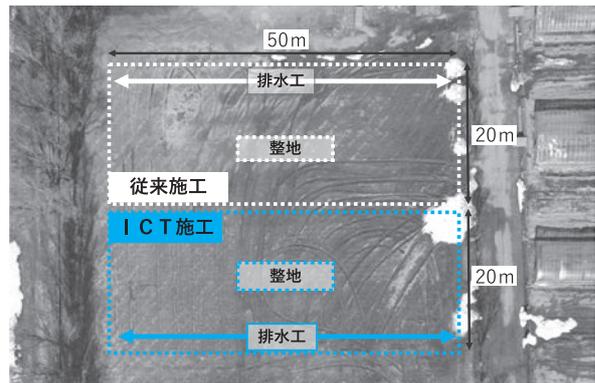


図-1 検証圃場 (0.2 ha)

カメラを搭載しています。重機は、最先端の ICT 機能を搭載したコマツのバックホウ、また作業補助として学校保有のバックホウも使用しました。バケット容量は、それぞれ山積 0.28 m^3 、 0.11 m^3 です。

4. 実 践

検証1：全ての土木施工プロセスについて、ICT 施工と従来施工の作業時間や人員を比較する（図-2）

① 起工測量，設計

従来施工は、専攻班7名でレベルやトータルステーション、巻き尺での実測を行い、2次元 CAD ソフトを使用して現況図を作成、そこから面や排水路の設計を行いました。

ICT 施工は、トータルステーションによる測量とドローンによる空撮を実施。座標と空撮画像から3次元の点群データを作成し、現況図や設計図を作成しました。

② 重機による施工

従来施工では、まず、設計図に合わせて重機施工時の目印となる丁張りを行いました。施工は、ICT バックホウのマシンコントロール機能を解除して、通常の重機として使用しました。排水工では、操縦者が分からない掘削面の勾配や深さを補助作業者が丁張りとし水糸を見ながら指示しました。整地作業でも、補助作業者が水糸で細かく高さを操縦者に指示しました。

検証1：全ての土木施工プロセスについて、ICT 施工と従来施工の作業時間や人員を比較する



図-2 ICT 施工と従来施工の比較

ICT 施工では、作成した3D取得データを重機にインプットし、排水路も平面も設計データ以上は掘れないようコントロールアシストされるため、丁張りや補助作業者も必要なく、操縦者1人で作業することができます。また、バックホウで従来であれば二つの操作レバーを使用する難しいバケットの水平移動も、ICT重機では自動制御でできるため、熟練者でなくても正確に作業を進めることができます。

③ 出来形評価

最後に、平成31年度2月版出来形管理基準に基づいて、計画のとおり施工されたか評価しました。

従来施工では、起工測量同様に7名で測量を行いました。ICT施工ではドローンによる空撮に加え、排水工では1人で作業可能な自動追尾型トータルステーションを使用しました。

評価結果は、従来施工、ICT施工ともに全ての項目で評価基準内で合格となりましたが、ICT施工の方が従来施工よりも整地で79%、排水路高さで84%、床幅で68%、法長で89%誤差は少なくなり、より正確で高度な施工が可能といえます(図-3)。

実際にかかった作業時間の比較結果は、全体でICT施工が約13時間短くなりました。どの項目もICT施工の方が短時間となり、従来施工では丁張りや水系張りの時間が余計にかかっていることが分かります。2019年度に実施した0.2ha以上の面積であれば、経験が浅い者でも、ICT活

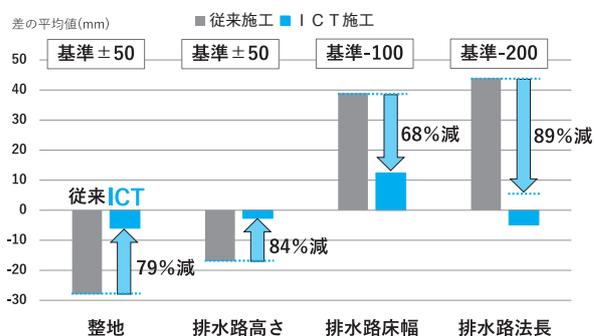


図-3 出来高評価の比較(差の平均値)

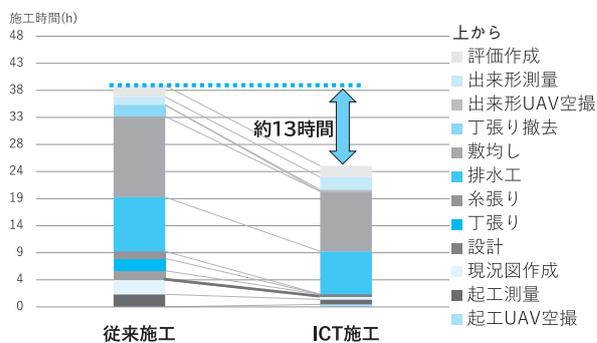


図-4 実施工時間の比較

用が作業時間短縮につながる可能性が高いといえます(図-4)。

検証2：重機操縦経験が浅い者による作業効率を比較する

この検証には、科目「農業土木施工」で学習するサイクルタイムを使用しました。同じ作業を繰り返す排水工において、1断面を掘削し、次の断面に移動するまでを1サイクルとして時間を計測しました。計測にはスマートフォンの電子小黒板を使

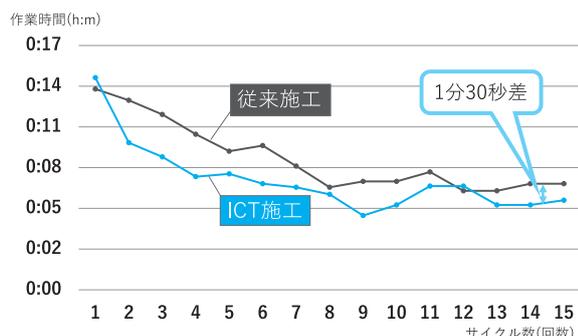


図-5 各施工の1サイクルあたりの作業時間 (n = 5)

用し、時間や作業者を分かりやすく管理しました。

結果は、施工を行った班員5名の平均作業時間をみると、ICT重機の方が早い段階で作業スピードが上がっていることが分かります。また、操作に慣れてからも、約1分30秒作業時間に差がありました(図-5)。

検証3: 圃場のデータを農業生産に活用する

2019年度、農業土木分野で使用するため、3D取得データを作成し実際に施工することができました。このデータを圃場で農業生産に活用するため、データの互換性や共有することで、生産性が向上するのかを今後検証していきます。

5. 結果・考察

まず、コスト面では、項目ごとにみると編集ソフト損料が66,000円、重機レンタルが54,000円、ICT施工の方が高くなりました。しかし、全工程の合計ではICT施工の方が安価となりました(図-6)。

なぜICT施工の方が安くなったか考察するため、横軸に施工時間をとり、工程とコストを併せてみると、ICT施工の方が時間短縮された分、測量機器損料や人件費を削減できたと考察することができます(図-7)。

次に、安全性は、重機周辺での事故は命に直結するため、コスト以上に安全性は大切だと考えられます。実際の作業環境に関しては、従来施工では必ず必要となる重機周辺の補助作業者が、ICT施工では必要なくなり安全性も向上するといえます。

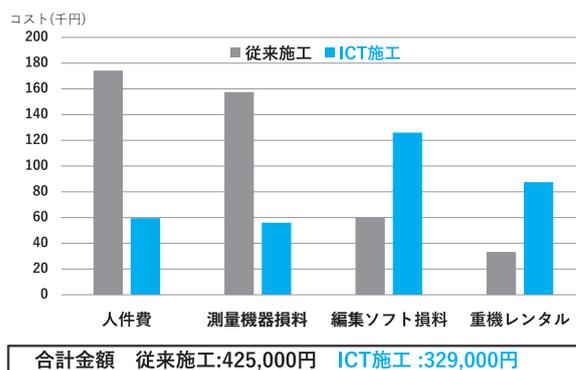


図-6 各施工のコスト比較

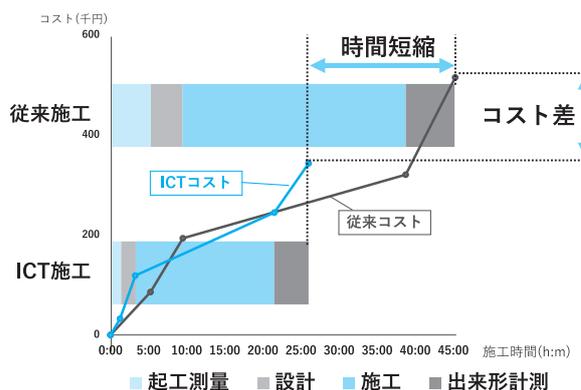


図-7 各施工の工程ごとの時間とコスト

6. まとめ

この研究は、将来直面する労働力不足という課題に、ICT技術が役に立つかを考えるものでした。結果として、全面的なICT施工は、作業の質・量ともに生産性を向上させ、安全性も高くなることが分かりました。

7. 成果

専攻班員9名にとって、ドローンの空撮や重機による施工など全ての作業を自分たちでやりきり、農業土木の仕事をイメージできたこと、第一線で活躍している方からさまざまな助言をいただいたことは、空知の将来を担うという大きな自信・自覚になりました。

8. 課題

今後の課題としては、まずさまざまな ICT 機器について、知識・理解が必要です。そのためには、安全教育や施工全般の基礎基本をしっかり学習する必要があります。

また、農業土木で作成した 3D 取得データを、農業用トラクタなどで共用する取り組みが今後必要です。土木分野に限定せず、業界の垣根を越えた生産性向上に向けた取り組みを進めていきたいと思っています。

9. 外部評価

生徒は研究の成果や課題をまとめ、空知建協で報告会を実施したり、最先端の IT 技術を競う Xtec イノベーションで成果発表をしました（写真－3）。空知建協入職促進特別委員長から「空知の基幹産業は農業。ぜひ、農業分野とデータの共有を進めてほしい。」と助言をいただきました。

また、Xtec イノベーションでは、株式会社北海道銀行、株式会社日本経済新聞社より「地域創生特別賞」をいただき、地域の未来につながる活動と客観的に評価され、活動の意義を再確認できました。



写真－3 Xtec イノベーションでの成果発表

10. おわりに

今回、空知建協をはじめ専門的な技術を有するたくさんの企業の協力のもと、ICT 施工についてより分かりやすく学べ、とても充実した活動になりました。

研究において専門家と連携することにより、生徒は最先端技術を学ぶだけではなく、測量方法や野帳の書き方、重機操作など基礎も大切なことを教わりました。また、実習中、プロだからこその目線や意見、技術に触れることもでき、技術者としての責任や自覚、誇りを感じることもあったと思います。

今回の「課題研究」で幅広い業種の方と関わったことは進路選択する上で大きな転機となり、建設業に興味を示す生徒が増えた結果、9名中2名が進学、7名が技術職で就職となりました（2021年3月卒。写真－4）。

教育現場では、ICT 教育に関わる人材や資材はまだまだ不足しています。しかし、地域産業と連携・協力することにより「魅力ある授業」を展開し、地域産業の担い手を育成していきたいと思っています。



写真－4 地域産業に貢献したいという高い志を持って