

湯川 崇*1 細川 和彦*2 佐藤 茂一*3

1. 背景

積雪寒冷地である北海道の降積雪時期では、雪問題が重要かつ深刻な問題の一つであり、北海道における令和4年度の『屋根の雪に関する事故』では14名が死亡し、64名が何らかの怪我を負っている。最も怪我の多い岩見沢市では12名が重傷、4名が軽傷の被害が発生している。この事故の多くは高齢者による屋根の雪下ろし作業中で発生し、「高齢者が多く居住している都市」で「降積雪量が多い地域」に発生している。そのため、この二つの従属関係は高い。この関係性はどの積雪寒冷地にも該当し近年における積雪寒冷地における重大な問題の一つになりつつある。北海道第二の都市である旭川市周辺では、ここ数年で写真1（UHB記事：【速報】屋根からの落雪に巻き込まれたか・・・80代くらいの高齢女性が意識不明で搬送 北海道・旭川市）や、写真2（HBC記事：屋根の雪下ろし終えた55歳の男性、梯子から落下し尾骶骨にひびが入る重傷 北海道・深川市）のような屋根に関する事故が増えている。そこで、本研究では図1に示すように、高校生という若い世代がドローンによって屋根の積雪状態を撮影することで、「高齢者の事故は未然に防ぐことが可能である」と仮説し、検証することが目的である。

2. 研究方法

本研究は、産学官の連携指導による北海道旭川工業高等学校定時制ドローン部の生徒（以下、高校生）を対象としたドローン教育活動を実施し、「高齢者の雪害事故を未然に防ぐための若い世代（高校生）による減災の可能性」についての検証である。産学官の連携指導には、日立建機日本㈱のICT専門の職員、北海道科学大学都市環境学科の防災研究者、国土交通省北海道開発局緊急災害対策派遣隊の職員、東川町役場企画総務課の職員（住宅地住民への説明）、が加わり、防災ドローン訓練を実施した。さらに、本研究では、ドローンの本格的な操縦技術が求められると考え、国内でトップクラスのドローン技術を有する操縦者も加わった。本研究の検証は冬期間に実施する計画ではあるが、技術向上を図るため、日頃の室内飛行訓練に加え夏場の屋外飛行訓練も実施した。そして、冬期間の検証は、降積雪期における雪害が最も発生する時期（ピーク時）と考え、令和6年1月27日～2



写真1 落雪事故（令和5年2月19日 UHB 記事）



写真2 雪下ろし事故（令和5年2月23日 HBC 記事）



図1 本研究における目的

月23日の期間で、段階を重ねるステップアップ訓練を考案し実施した（図2）。なお、対象となる北海道旭川工業高等学校定時制ドローン部は、令和4年4月に創部し北海道立高等学校では初となる部活動である。この部活動は、日頃から週2回で1時間程度の体育館内飛行訓練を行い、高い飛行技術を習得している（部員数10名）。

3. 夏期における飛行訓練

1) 室内訓練（体育館での部としての活動）

図3左に室内飛行訓練のコースを示す。このコースはGNSSとビジョンポジショニングセンサーのサポートを受けない状態で8の字飛行させるため、正確な機体のコン

*1 北海道旭川工業高等学校 *2 北海道科学大学工学部都市環境学科

*3 前) 国土交通省北海道開発局事業振興部防災課

夏季における飛行訓練

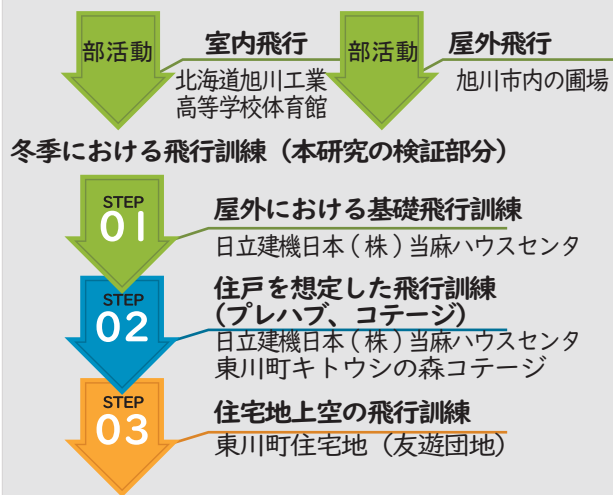


図2 本研究における飛行訓練および検証工程

トロール技能が求められる。訓練では、3人組（操縦者、記録審査、タイムキーパー）の構成で、お互いを厳しく評価するという訓練方式を導入している。とりわけ、コースアウトの評価（優・良・可・不可）に関しては厳しく行い、上級生下級生関係なく審査している。

また、本研究では、図3右のような国土交通省北海道開発局の緊急災害対策派遣隊が行っている「STM訓練」コースを参考に、1～5番の番号が付いたバケツ上をドローンで順番に飛行と、そのバケツの底の文字を撮影し、そのタイムを計る訓練を行った。このバケツを使ったSTM訓練では、正確な飛行とそのバケツの中にある文字を正確に認識する能力を養うものである。一般的なドローン撮影は、滑らかな視点を移動させながら対象物を撮影することを求められるが、災害時では、「飛行の巧みさ」と「撮影の精度」や「効率」が求められる。生徒達は、これまでの飛行訓練で、「機体を目視しながら飛行する訓練を積み重ねていた」が、このバケツを使った「STM訓練」では正確な飛行とタイム、そして、バケツの中にある文字を正確に認識する能力を養うことができた。具体的な内容は、1～5のバケツを順番に回り中に入っている文字を識別しタイムを計測する。中に入っている数字の「1～9」、アルファベット大文字の「A～Z」で、「ZとN」、「MとW」、「9と6」、「1とI」を誤認識する場合がある。そのため、この訓練は屋外飛行で重要な訓練になると考え徹底的に行った。この訓練も8の字飛行訓練と同様に、3人組（操縦者、記録審査、タイムキーパー）になり、お互いを厳しい評価で審査する訓練方式を取り入れた。

2) 屋外訓練（技術向上を目的とした活動）

屋外訓練での技術向上を目的とした活動では、令和5年6月23日～27日の5日間で行い、圃場を対象としたドローンによる農薬散布での飛行訓練を実施した（写真

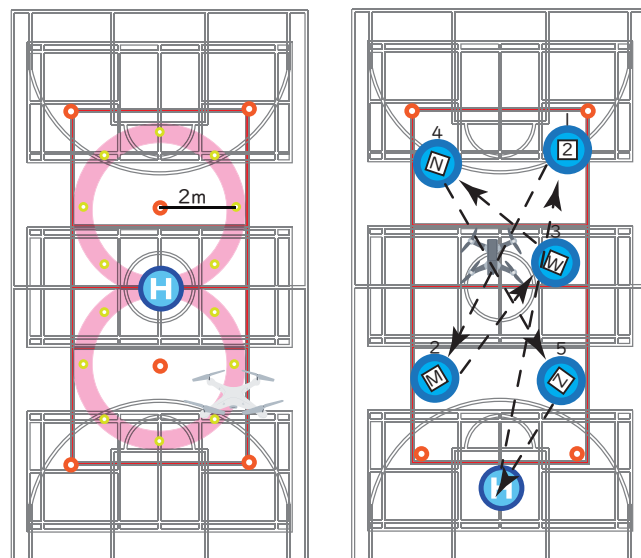


図3 室内訓練のコース
（右：基本訓練、左：防災を意識した飛行訓練）



写真3 圃場における農薬散布訓練



写真4 農薬散布で使ったドローン
（NTT e-DroneTechnology 製 AC101）

3)。この訓練では講習（航空法、農薬、飛行マニュアル、飛行操縦）を受け、ERTS 産業用無人航空操縦技能認定農業コースの資格を取得し、日頃の部活動で使用している機体よりも大きな機体であったため、防災訓練に向けた貴重な経験となった。なお、使用した機体は写真4に示すNTTe-DroneTechnology製のAC-101（アーム展開時寸法 935mm×935mm×676mm、アーム折たたみ時寸法：611mm×560mm×676mm、重量：7.3kg（バッテリー除く）、最大離陸重量:20kg、散布速度:15km/h、20km/h（GPS 制御時）、タンク容量：9L※最大積載量8L、吐出量0.7L-1.3L/min）の機体である。

4. 冬季屋外飛行訓練

冬季屋外飛行訓練は、最初から住宅地上空を飛行する訓練を行うのではなく、段階を重ねるステップアップ訓練を考案し実施した（訓練場所：日立建機日本（株）当麻ハウスセンタ、東川町キトウシの森コテージ、東川町住宅地）。

1) STEP1 屋外における基礎飛行訓練

STEP 1 では、冬期における住宅地の雪堆積形成（吹きだまりおよび吹き払い）の基礎的な研究方法として用いられるプレハブを対象とした飛行を計画した。そこで、当麻町にある「日立建機日本株式会社当麻ハウスセンタ」の協力を得て、令和6年1月27日に4名の生徒で訓練を行った。この敷地では既に降雪により大きな吹きだまり形成やプレハブ上の積雪が発生していた。使用した機体は写真4に示す DJI 製の Phantom3（サイズ（幅×高さ×本体高さ mm）：350mm 対角寸法（プロペラを含まず）、本体重量：1216g（バッテリーとプロペラを含む）、最大速度：16m/s（ATTI モード、無風）、運用限界高度（海拔）：6000 m、最大飛行時間：約 23 分、最大角速度：150° / s）である。部員達による冬季の屋外飛行は初となり、ここでの訓練の目的はマニュアル操作における「雪と雲の白さを認識し、見上げた瞬間に機体を見失わない」操縦訓練であった。訓練では、4人それぞれが機体の位置を確認し、地上から8mの高さにホバリングさせ、動画撮影を行った。動画撮影では「プレハブ上の積雪状態」や「周囲における雪堆積形成」の画像を捉えた（写真5）。

2) STEP2 住戸を想定した飛行訓練

STEP2 では、「日立建機日本（株）当麻ハウスセンタ」と「東川町キトウシの森コテージ」を対象としたプログラム自動による飛行訓練を行った。ここでの訓練目的は、「①飛行プログラムの習得」、「②4人1組でのフライトチーム連携」、「③空撮画像を立体的に捉えた三次元（3D）画像の作成」の3点である。コテージを対象とした飛行訓練は、事前に仮の住宅地を想定した建物上空の飛行訓練が必要であると判断した為である。コテージを対象とした訓練は、（株）東川振興公社の協力を得て実現した。使用した機体は写真6に示す AutelRobotics 製の EVOII（サイズ（L*W*H）：245×130×111mm（折りたたみ時）、506×620×111mm（展開時）、運用限界高度（海拔）：7,000 m、最大上昇速度：8m/s）である。まず、訓練は室内においてプロのドローンパイロット（レイブプロジェクト請川氏）から飛行プログラム入力の手導を受けた（写真7）。それぞれの飛行ルートを表1上段に示す。ここでは、立体画像である三次元（3D）化に向けた設定（日立建機プレハブセンタが、高度：60m、相対的高度：0m、GSD：1.36cm/px、スピード：18 km /h、フロントオーバーラップ：80%、サイドオーバーラップ：70%、ジンバル：60°、ゴー



写真4 STEP1 で使用した機体
(DJI 製 Phantom 3)



写真5 地上から8m上空で撮影した画像



写真6 STEP2 で使用機体
(Autel Robotics 製ドローン EVOII)



写真7 プログラム入力の手導

ホーム：離発着、コースアングル：45°、ダブルグリッド：オンに、キトウシの森コテージが、高度：70m、相対的高度：0m、GSD：1.59cm/px、スピード：22 km /h、フロントオーバーラップ：80%、サイドオーバーラップ：70%、ジンバル：60°、ゴーホーム：離発着、コースアングル：45°、ダブルグリッド：オン）とした。特にジンバル 60° が三次元（3D）画像にとって重要な設定であった。また、通常の航空測量用の画像から作成した三次元（3D）画像と比較するため、垂直（-90°）の撮影も同時に行った。屋外飛行では、実際の緊張感を持たせるため4人1組でのフライトチームをつくり、図4に示すような「ド

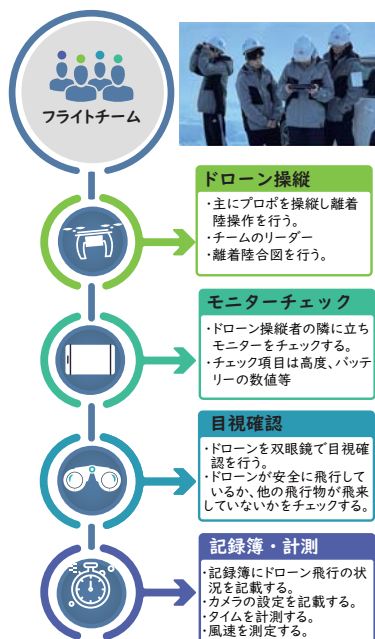


図4 フライトチームの役割

表1 STEP2の「飛行ルート」と「空撮画像から三次元(3D)化した画像

	日立建機日本(株)当麻ハウスセンタ	東川町キトウシの森コテージ
プログラミングによる飛行ルート		
三次元(3D)化した画像		

ローン操縦」、「モニターチェック」、「目視確認」、「記録簿および計測係」とそれぞれの役割分担を担った。表1にそれぞれの飛行ルートと空撮画像から三次元(3D)画像を作成した画像を示す(北海道科学大学で実施)。まず、日立建機日本株式会社当麻ハウスセンタの三次元(3D)画像を確認すると、全体像が鮮明に映し出され、立地条件からの強風による主風向の影響で長い吹きだまりが形成されているのが確認できる。また、プレハブの隣棟間隔が狭いため、隣接するプレハブ同士の積雪が連なって一体化しているのも確認できた。一方、キトウシの森コテージの三次元(3D)画像を確認すると、まずは立地条件の高低差があるにも関わらず鮮明に映し出されていることから、プログラム飛行によって撮影された画像の精度が高いことも明らかである。また、山間部という事もあり樹木などの影響が懸念されていたが、建物上の雪を分析するには問題のない画像を得ることができた。具体的な雪に関する知見を分析すると、屋根に関する部分で雪堆積状況は山の麓から吹かれる風によって屋根の雪が吹き飛ばされる影響と、西日によって融雪された部分が明確に捉えることができている。また、建物周辺の雪に関しては、一般的な住宅地とは異なり、樹木が多く立ち並んでいることで、吹きだまりや吹き払いの雪堆積形成は無く、「屋根からの落雪によって体積された雪」や「通行路の為に除雪された道路からの堆積された雪」のみであった。

以上の内容から、高校生が2日間の訓練で、十分な住宅地の雪堆積形成を分析する飛行技術と能力を得たといえる。また、このドローン飛行による三次元(3D)画像の結果から、「三次元(3D)画像が雪堆積形成の現状、そして、これから発生する雪問題を推測するための一参考

資料」を短時間に作成することが可能であることが証明できた。

3) STEP3 住宅地上空の飛行訓練

STEP3では、令和6年2月23日に「東川町役場」と「東川町内第三自治振興会」の協力を得て、同町内にある住宅地「友遊団地」の上空飛行を行った。具体的な目標としては、ドローンによる空中写真撮影を行い三次元(3D)画像を作成することで、住宅地内にある住戸の屋根積雪状況や、住宅地内で発生する雪堆積状況を確認する。なお、この訓練では、図5に示す流れで、4つのグループ(2つの街区チーム、住宅地チーム、防災チーム)に分れて、STEP2で習得した飛行プログラムをそれぞれのグループで計画し、屋外におけるドローン飛行を行った(図6に室内訓練のレイアウトを示す)。飛行プログラムおよび室内検討は、写真8に示すように部員達それぞれが専門職員および教育者から、雪問題がどの箇所で発生するかや、地形条件からどのような災害が想定されるかの指導を受けその後の飛行ルートを計画した。屋外訓練後は、室内でドローンによって捉えた画像を用い直ちに三次元(3D)画像化し、その画像を使い雪害に関する講義を受けた。また、日立建機日本株式会社からはICTソリューションの講義、国土交通省北海道開発局 TEC-FORCE の職員からは防災に関する講義を受けた(全グループの対象エリアは表2に示す)。

グループ1およびグループ2では、住宅地内の街区を対象とした飛行を行い、グループ1は主風向に対して水平方向に配置された街区(表2赤色点線エリア)、グループ2は主風向に対して垂直方向に配置された街区(表2黄色点線エリア)を選択した。飛行時間はおよそ8分程度で高度は100mで実施した(詳細な飛行設定は1月30

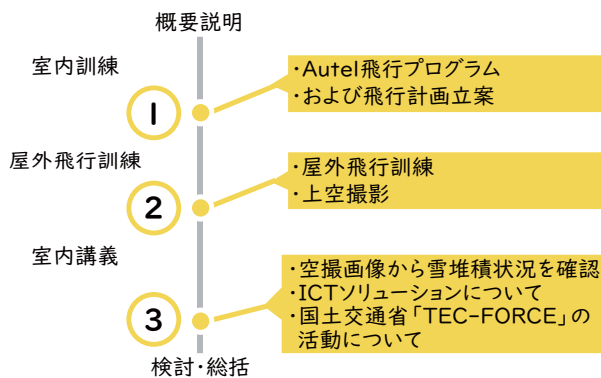


図5 STEP3の訓練内容

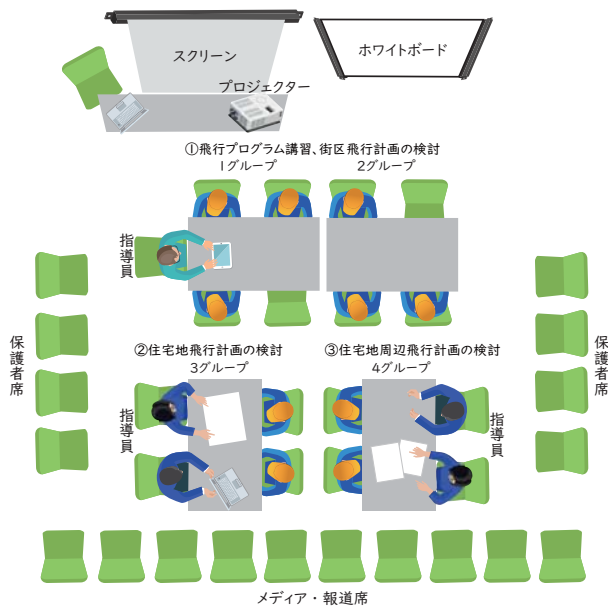


図6 室内訓練のレイアウト

日に行ったプログラム飛行と同様)。グループ1の飛行訓練では、写真9のように多くの生徒がドローンの目視確認を行い、モニターチェックはコントロールスティックに映し出されたモニターだけではなく、大きな画面（写真10）で確認を行った。グループ1とグループ2の三次元（3D）画像化した画像を比較すると、グループ1の街区内で発生している雪堆積形成が大きく、主風向からの後方箇所には大きな吹きだまり形成されていることが確認できた。屋根に関しても同じように主風向から吹く強い風によって主風向側の屋根上には雪が堆積していないことが確認できた。グループ3では、住宅地全体（表2青色点線エリア）を撮影するための飛行を行い、撮影した画像を三次元（3D）画像によって、住宅地を鳥瞰的な分析を行った。その結果、住戸と空き地の関係では、住戸周辺と空き地の雪堆積形成が異なり、住戸を配置することで、住宅地の積雪に変化を与えることが生徒達にも容易に確認できる画像を捉えることができた。また、屋根の雪に関する情報も捉えることができた（写真11、写真12、写真13）。このようにドローンを飛行させ鳥瞰的な分析を行うことで、住宅地全体で発生する雪問題を短時間に、生



写真8 グループ4（防災チーム）の様子



写真9 グループ1（街区チーム）の飛行訓練の様子



写真10 グループ1（街区チーム）の飛行訓練の様子
徒達でも検討することができるということが証明された。グループ4は、国土交通省北海道開発局 TEC-FORCE 職員から、能登半島地震の事例や胆振東部地震の教訓から、山の土砂崩れが発生した場合に道路や川の寸断で生じる住宅地に及ぼす影響、飛行計画を考える上での着目点や重要性について説明を受けた。また、日立建機日本株式会社の ICT ソリューションを専門とする職員からは、土砂崩れを想定した ICT ソリューションの活用方法の指導を受けた。その説明からグループ4は山側に配置されている街区周辺（表2緑色点線エリア）の飛行計画を計画した。三次元（3D）画像化した画像をみるとグループ3と同様の結果が得られたが、このグループ4の成果は、実災害を意識して生徒達が短時間でドローン飛行ルート計画を立案したことが大きな成果であった。

以上の結果から、高校生（生徒）達の技術が防災に関する社会貢献に繋がる要素を含んでいることが証明された。また、このような一連のドローン教育活動は、これからの社会を担う高校生（生徒）達にとって、高等学校における新たな教育方法になると言える。さらに、このドローンを活用した防災活動で高校生（生徒）達が、住

表2 STEP3の撮影範囲と三次元(3D)画像

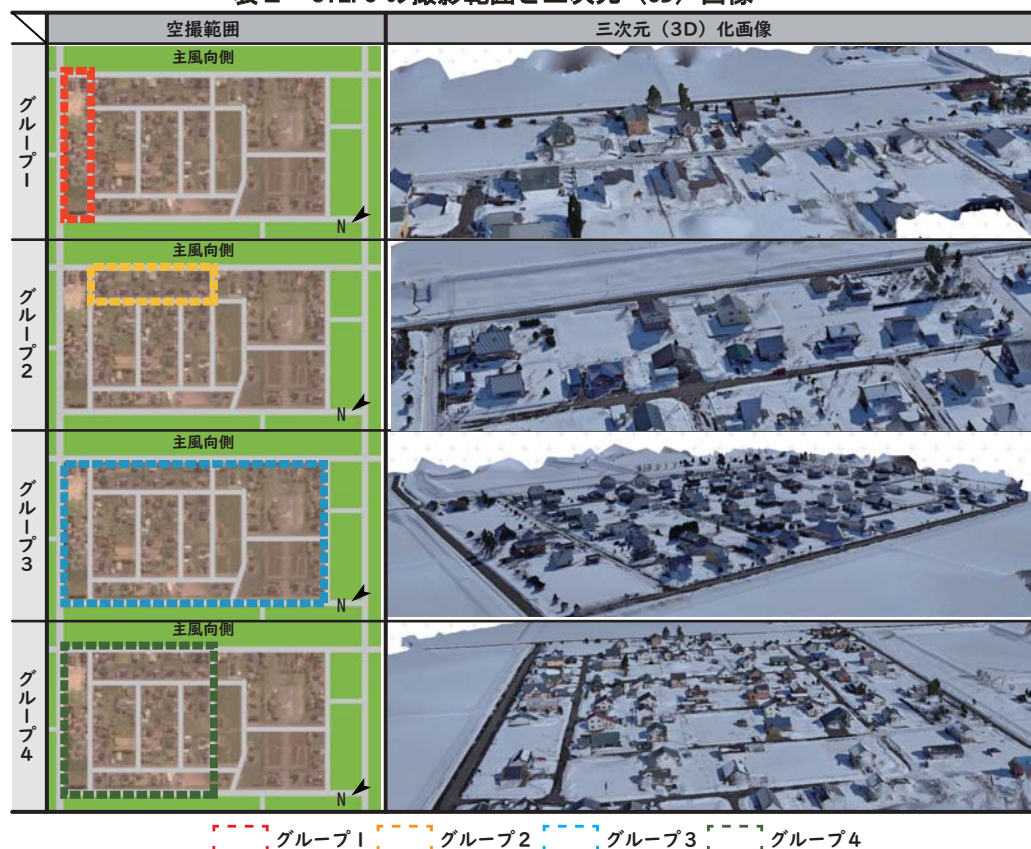


写真11 落雪の状況



写真12 落雪屋根の積雪状況



写真13 陸屋根の状況

宅地周辺で発生する雪による痛ましい事故を未然に防ぐことにも繋がる可能性があると言える。つまり、ドローン操作を熟知している高校生がいれば雪害対策による減災活動の一助になる可能性は高いと考える。

5. まとめ

本研究では、「産学官 × 地域連携」による高等学校の生徒を使ったドローンを活用した減災の可能性について検証をした。その結果、以下のようなことが証明できた。

- 1). 高校生がドローン操作を熟知すれば、住宅地の雪堆積形成を分析するための飛行ができる。
- 2). ドローン飛行による三次元(3D)画像の結果から、「三次元(3D)画像が雪堆積形成の現状、そして、これから発生する雪問題を推測するための一参考資料」になることが証明できた。
- 3). 本研究では「産(レイブプロジェクト、日立建機日本株式会社、株式会社NTTe-DroneTechnology、うけがわファームDEN-DEN)・学(北海道科学大学)・官(国土交通省北海道開発局) × 地域(東川町役場、第三振興自治会、東川振興公社)」と工業高等学校が連携することによって、新たな防災に関する教育方法が確立できた。この部分は、文部科学省や教育委員会が重要視する部分でもあり、国土交通省や大学教育機関、民間企業にとっても大きな成果であるといえる。

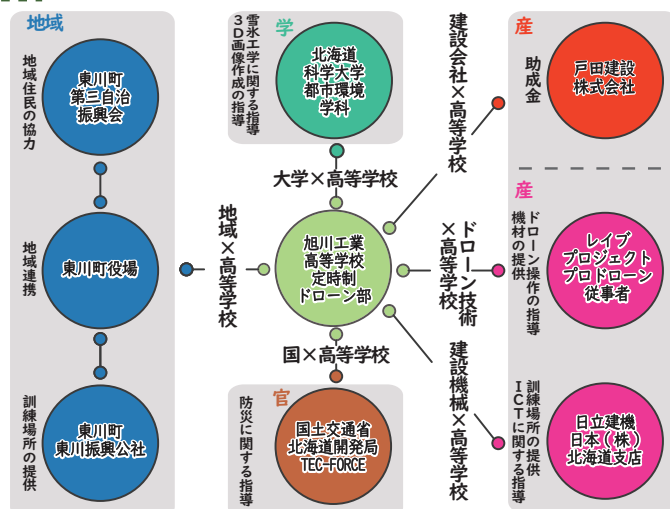


図7 高等学校と「産学官 × 地域」との連携

6. 今後の課題

本研究では、ドローンなどの機材が高額なため、産学官の協力を得て精度の高いドローンや機材を使用して行った。しかし、今後は、高校生が容易に使用できる機体や機材が高校に導入するような予算を組む必要があると考える。一方で、今回の「高等学校と産学官及び地域との関係性を構築した」訓練は、これから社会を担う高校生達にとって重要な経験であった。

< 謝 辞 >

本研究の多くはレイブプロジェクト代表取締役の請川博一様のご協力なしでは実現しない計画であり、ここに心から感謝申し上げます。