

スノーボードのためのセンサデータに基づく 技の収集支援システムの提案

杉本 歩基^{†1,a)} 安井 重哉^{†1,b)} 竹川 佳成^{†1,c)}

概要: スポーツにおいて、技の習得・披露・創作は古くから行われている行為である。しかし、技の習得においては、姿勢といった見た目の再現性だけでなく、重心といった目には見えない体幹などの使い方の再現性が重要になる場合があり、アマチュアの競技者や、セミプロフェッショナルの競技者がある技を習得しようとする場合、その技を正しく再現できたかについて競技者自身で判断することは難しい。そこで本研究では、スノーボードを対象とした技の収集支援システムを提案する。提案システムは、ボード上に加速度・角速度・地磁気を計測できるマルチセンサを搭載し、バインディング上に圧力センサを搭載し、リアルタイムに各種センサデータを処理する。また、「ターン（ボードの傾斜角度情報や進行方向を含む）」などの一定時間継続される運動は特徴量を用いて認識し、「回転」などの1回きりのジェスチャは波形自体を用いて認識することで、ボード滑走時における各種技を自動的に認識する機能をもつ。さらに、認識した技の回数を記録し技を習得できたかどうか提示する機能や、技として認識されなかった場合に、教師データと具体的にどこが異なるのか提示する機能をもつ。

Proposal of a Support System for Skill Acquisition in Snowboarding based on Sensor Data

SUGIMOTO AYUKI^{†1,a)} YASUI SHIGEYA^{†1,b)} TAKEGAWA YOSHINARI^{†1,c)}

Abstract: Many athletes have mastered, demonstrated, and created sporting skills. However, it is difficult for amateur athletes and semi-professional athletes to judge whether they are performing correctly, since some skills depend on not only visible aspects, such as posture, but also invisible aspects, such as balance. Therefore the goal of our study is to propose a support system for skill acquisition based on sensor data, for snowboarders. We attached a sensor which detects acceleration, angular speed and gyro to the snow board, and pressure sensors to the binding. The proposed system has functions to recognize skills automatically and to manage and present the skills acquired by the user using sensor data.

1. はじめに

スノーボードの「バックサイド 1080」やサッカーの「オーバーヘッドキック」など、スポーツ競技（以下、競技）において技の習得や披露は、競技者の技術力の向上だけでなく、試合の勝敗や盛り上げに直接的に影響する重要な要素である。例えば、体操で白井健三選手が「シライ」という技

を発案したことや、スノーボードでショーン・ホワイト選手が「ダブルマックツイスト」という技を披露したことは記憶に新しく、競技の新旧問わず、競技者の身体能力の向上やスポーツ用具の性能向上、ルールの変更などをきっかけに、日々、技は改変され発案されている。また、ある競技における技のリストや、個々の技の詳細を解説した書籍や DVD などが出版され、これらは技の理解促進や普及に貢献するだけでなく、競技者が技の模倣に挑戦するためにも活用されている。アマチュア競技者にとって技の習得は、技術力の向上、その競技の練習に対するモチベーションの向上、達成感の提供に貢献する。また、技の習得にお

^{†1} 現在、公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科
Presently with Graduate school of Systems Information Science, Future University Hakodate

a) g2114017@fun.ac.jp
b) yasui@fun.ac.jp
c) yoshi@fun.ac.jp

いて1つの技を深く極める競技者もいるが、ある技を習得後、さらに難度の高い技に挑戦することは、自然な行為であり、さまざまな技を広く収集することをめざす競技者もいる。なお、本研究における技の収集とは、プロフェッショナルなスポーツ選手などが創作してきた技を習得し、自身のスキルとして集めていく行為を示す。

しかし、アマチュアの競技者や、セミプロフェッショナルの競技者がある技を習得しようとする場合、その技を正しく再現できたか競技者自身での判断が難しい点がある。技の習得においては、見た目の再現性だけでなく、重心といった目には見えない体幹などの使い方の再現性が重要になる場合があり、一般に普及している教則本などの利用だけでは限界がある。近年、電気電子技術の発展に伴い、センサの小型化が進み、センサを搭載したスポーツ器具 (SmartTennisSensor[1] や Snow-1[2] など) が研究・開発されている。これらを活用することで、技を定量化し、センサデータにもとづき技を習得したかどうかを客観的に判断できると考えられる。

そこで本研究では、センサデータにもとづく技の収集支援システムの提案を目的とする。本研究では、第一段階としてスノーボードを対象にする。スノーボードは、多種多様なスポーツの中においても、技の種類が豊富で、スポーツ器具にセンサを搭載しやすく、カメラで記録した映像や鏡からフォームの確認が難しく、体幹の使い方が重要なスポーツだからである。提案システムは、スノーボードの各種技をリアルタイムに認識し、習得したい技を実際に実施したときに成功したかどうかを判定する機能をもつ。また、ゲレンデという過酷な環境でも利用できるように、習得したい技を容易に選択できる UI や、技の習得を達成したかどうかを競技者に直観的にフィードバックするための提示手法を提案する。

2. 関連研究

関連研究として、スポーツ器具にセンサを搭載した製品、本研究と同じスノーボードを対象としスノーボードの各種技をセンサデータをもとに認識する研究がある。

前者の事例として、例えば、SONY 社が開発した Smart Tennis Sensor は、テニスラケットのグリップエンドに加速度センサを搭載し、各ショットをデータ化および可視化する機能をもつ。分析する要素は、ショット毎にスウィング種別、ボール速度、ラケットのスウィング速度、ボール回転、インパクト位置である。CEREVO 社が開発した SNOW-1 は、ボードと靴とを固定するバインディングに加速度・地磁気・圧力センサを搭載しセンサデータを可視化することで自分のライディングを振り返ることができる。adidas 社が開発した miCoach SMART BALL は、サッカーボールの内部に加速センサを搭載し、キックスピードや回転数、回転方向、インパクト位置、飛行軌道データを可視化するこ

とができる。フォーカルポイント社が開発した Zepp Golf スイングセンサーは、2つの加速度センサと3軸ジャイロセンサを搭載し、ゴルフクラブのスピードやポジション、スイングテンポ、スイング軌道を可視化することができ、スイングの改善に貢献している。これらの事例は技の正誤判定をアプリケーションが自動的に識別する機能を持ちあわせておらず、技を習得したかどうかは競技者自身が判断しなければならない。また、スポーツの動作そのものの解析に焦点が当てられている一方、本研究は技の収集を目的としており、コンセプトそのものが異なる。しかし、これらのセンサを搭載したスポーツ器具を活用することで、技の動作を妨げず信頼性の高いセンサデータを取得できるため、システム実装において有用なツールとなる。

スノーボードを対象にターンやジャンプなど各種技の動作を認識する事例 [3], [4], [5], [6], [7], [8]. がある。例えば、Thomas らは、ジャイロセンサのセンサデータをもとに、どちらの足が前向きで滑っているかやドリフトターン、カービングターンといったターンの種類などを認識している。これらの研究事例で提案されているスノーボードの動作認識アルゴリズムは、本研究のシステム実装に直接的に活用できる。これらの研究は動作認識に注力している一方、データ分析結果や認識した技を「技の収集」として応用することで新しいスポーツの楽しみ方を提案している点で異なる。

3. 設計

スノーボードには様々な種類のトリックといわれる技が存在する。例えば、グラウンドトリックやジャンプトリック、ジブトリックなど様々な環境や状況に合わせた技の種類がある。それらの技の難易度や芸術性、完成度などを競い合う大会や冬季オリンピックの競技に選ばれていたりなど、技の重要性がスノーボードというスポーツにおいて高いことが伺える。こうしたなか、一般の競技者において技の習得を試みた際に、視覚的・感覚的に判断することが多く、自身では習得しているつもりが、指導者やプロフェッショナルスノーボーダから見ると不完全な習得にとどまっている現状が生まれている。これは、スノーボードの技を行う際の環境が一定ではないことや技の成功の定義や基準が曖昧な点が原因として挙げられる。そこで、本研究では、スノーボードを対象を絞り、技を定量化し、システムが技を習得したか自動認識することで、技の習得および収集の支援をめざす。

3.1 設計方針

この目的および利用シーンを満たすためのシステム設計方針として以下があげられる。

- 装着性
技の認識やそのフィードバックに必要なデバイスが大

大きく重たければ、技を行う際の動作を妨げてしまい、本来の動きができなくなってしまう。このため動作認識に必要なセンサなどの各種デバイスはできるだけ小型軽量のものを選定すると同時に、動きに影響がない箇所に設置する必要がある。また、デバイス間をつなぐケーブルも動きを妨げる要因となるため、有線通信ではなく、無線通信を可能な限り利用するようにする。

● 耐久性

スノーボードは、高速な滑走・急停止・横転・回転・ターンなど激しいスポーツであると同時に、雪山という高湿度および低気温という過酷な環境で行われる。このような環境および利用シーンでも耐えられるように耐久性の高いシステムを設計する必要がある。

● 操作性

上述したようにスノーボードを実施する環境は過酷で、このためにスノーボードは厚手の上着を着込んだり、分厚く頑丈なグローブを装着する。また、滑走中など不安定な状況でシステムを操作する。このような状況であっても、システムを直観的に操作できるように設計する必要がある。

● リアルタイム性

スノーボーダは、ゲレンデで習得したい技を選択し、何度も練習する。このとき、技が成功したか、技を習得できたかどうかをリアルタイムに確認できれば、効率的に技を収集できる。また、グローブやウェアなど各種装備を外すことなく確認できるようにフィードバック方法を工夫する必要がある。

3.2 システム構成

提案システムの構成を図1～図3に示す。提案システムは、進行方向のボードの先端に3軸の加速度・角速度・地磁を取得可能なマルチセンサモジュールおよびBluetoothモジュールを取り付ける。また、図1および図3に示すように、バイディング上における左右の足のつま先およびかかとに、4点の圧力センサを取り付ける。これらのセンサデータをBluetoothモジュールを経由して、腕に装着しているタッチパネルディスプレイ付小型計算機に送信する。小型計算機はこれらのセンサデータを分析し、技の認識、技の習得の管理を行う。また、スノーボーダはタッチパネル操作可能なグローブを装着しており、技の選択などシステムの各種機能をタッチ操作により行う。さらに、ディスプレイには、現在習得している技や、習得可能な技の候補などが提示される。腕に小型計算機を装着することは違和感がなく、動作の妨げにはならない。

3.3 システムの操作手順

提案システムの操作手順を図4に示す。以下、その詳細

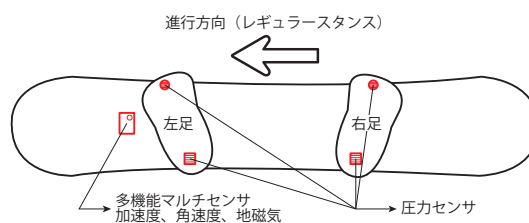


図1 センサ設置位置

Fig. 1 Sensor installation position

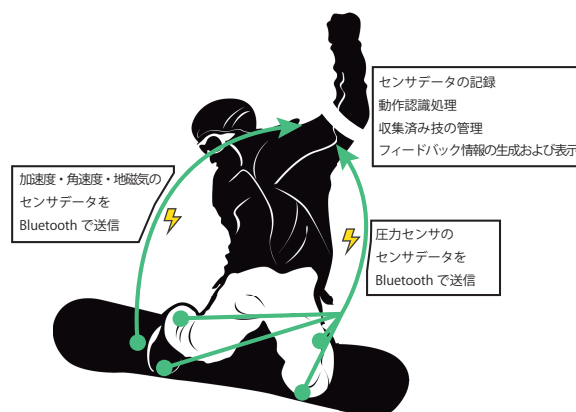


図2 システム構成

Fig. 2 System configuration

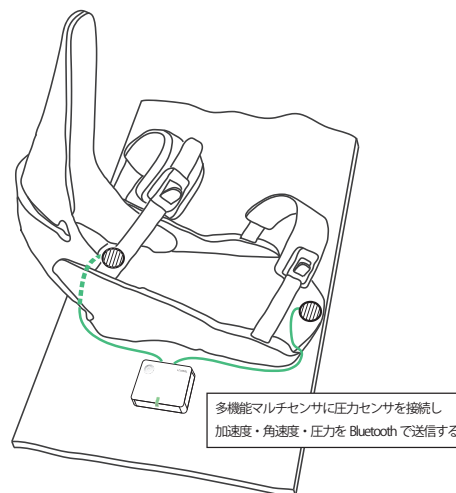


図3 多機能マルチセンサの設置位置

Fig. 3 Installation position of the multi-functional multi-sensor

を示すが箇条書きの番号は、図4中の番号に対応している。

- (1) スノーボーダは、習得したい技をあらかじめ選択しておき、自身の好きなタイミングで、ディスプレイ上に表示されているSTARTボタンをタップする。
- (2) 小型計算機は、スノーボード上に取り付けた多機能マルチセンサとバイディングに取り付けた圧力センサから各種センサデータを取得する。

- (3) 小型計算機は、取得したセンサデータをもとに技を認識する。
- (4) 認識結果をスノーボードにフィードバックする。

3.4 動作認識手法

3.4.1 単独の技の認識

スノーボードにはさまざまな技があり、これらの各種技を認識する方法としては、あらかじめ記録しておいた各技ごとのセンサデータから得られた特徴量と現在のセンサデータから得られた特徴量を比較することで行うが、特徴量としては瞬時値を用いた方式と時系列データを用いた方式が考えられる。前者は特徴量に閾値を設定し、その閾値を上回るあるいは下回る場合に、技を行ったと認識する。後者の方式は、時系列データをあらかじめ登録しておいたサンプルデータ系列と比較することでマッチングを行うため、激しい変化にも強く、動作のバリエーションを容易に増やすことができる。本研究では、代表的な時系列データ比較手法の1つであるDTW (Dynamic Time Warping) [9]を用いる。DTWは、データ系列間の類似度を計算するパターン認識の方式で、データ系列の伸縮に対応できることが特徴である。以下、各方式に適用される技とそのアルゴリズムについて詳細に説明する。

- 瞬時値を用いた方式

本方式が適用可能な技として、例えば、「フロントサイドターン」と「バックサイドターン」の識別や「カービングターン」と「ドリフトターン」の識別、「プレス」の認識がある。

「フロントサイドターン」は進行方向に対して右側にターンを、「バックサイドターン」は進行方向に対して左側にターンを行うことである。図5および図6にフロントサイドターンおよびバックサイドターンを各々10回ずつ試行した場合における地磁気センサのデータを示しており、地磁気センサのyawのデータの特徴量とし、図7に示すようにこの特徴量の閾値を設定することで、フロントサイドターンおよびバックサイドターンをそれぞれ識別できる。

また、「カービングターン」はボードのエッジを利用した、減速の少ないターンで、「ドリフトターン」はエッジを利用せず行うターンであり、「カービングターン」と比較して減速しやすい。これらの違いはボードの傾斜角が大きく影響しているため、加速度センサの値からボードの傾斜角を算出し、設定した閾値以上の角度を維持したターンを「カービングターン」と閾値以下の角度であった場合「ドリフトターン」と識別を行う。さらに、「プレス」とは、ボードを押し続け、片方の足を浮かせながら滑走を行う技である。この技は圧力センサのセンサデータから判別が可能で、片足が数秒間浮いている状況が一定時間続いた場合「プレス」とい

う技を行ったと判断する。

- 時系列データを用いた方式

スピン系といわれる回転などを行う技やジャンプなどの動作は、単発で利用することが多いため、それらはDTWを用いて認識する。

3.4.2 技の組み合わせ

上述した単独の異なる技を、同じ時刻で組み合わせたり、時間的に連続して行うことで、多種多様な技を創作できる。例えば、「フロントサイドカービングターン」では、「カービングターン」の認識アルゴリズムと「フロントサイドターン」の認識アルゴリズムをそれぞれ組み合わせる。その他に、「バックサイドドリフトターン」や、「プレス」中での1回転をした技である「プレススピン360」などがある。また、時間的に連続して技が実施されたときも同様に、認識できると同時に、取り扱える技のバラエティを増やせる。

3.5 フィードバック方法

提案システムは、リアルタイムに技を認識し、技が成功したかどうか、習得できたかどうかをリアルタイムにスノーボードに提示する。このために、たとえ滑走中で集中している状況でも、直観的に理解できるフィードバック方法を提案する。

3.5.1 効果音や光によるフィードバック

本研究におけるフィードバック方法の一つとして、技の試行が成功したかどうかの判定結果を効果音や光によるフィードバックする。この方法は、成功したかどうか瞬時にフィードバックでき、すぐに次の行動に移ることができる。しかし設計においての注意点としていくつか挙げられる。例えば、日中の使用を考え光が見えるような設計にしなければならない点や動作に影響の出ないようなシステム構成にしなければならない点が挙げられる。

3.5.2 ディスプレイを利用したフィードバック

スマートフォンやタブレット端末などの小型端末上への情報提示も有効な手段の1つである。この方法の利点として、成功したかどうかだけではなく、システムを使用した時の滑走データの詳細な情報や教師データの情報との比較でき、教師データと自身の滑走データとの違いなどをユーザ自ら検証することにより、技術の向上や技の振り返りができると推測している。

小型端末の設置位置の検証

小型端末の設置位置は、動作を妨げない箇所に設置すべきである。この要求を満たす有効な設置位置として、ボード上への設置や二の腕への装着が考えられる。ボード上に設置する方法の利点として、装備を外さずとも情報を閲覧できる一方、欠点として、防水性や堅牢性、防寒性などが高く求められることや重量についても十分検討する必要がある。腕に巻き付ける案の利点として、端末が比較的近くにあるため、操作性に優れている一方、技を行った際

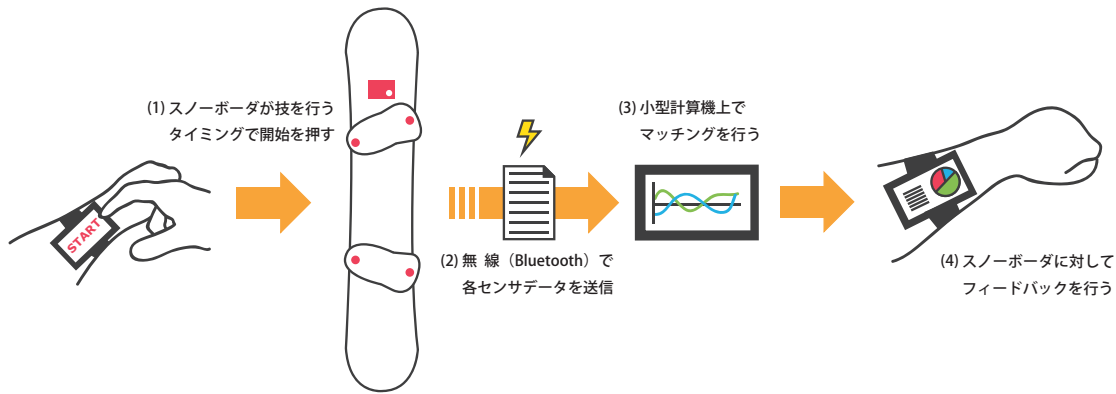


図 4 システムの操作手順

Fig. 4 System operating procedures

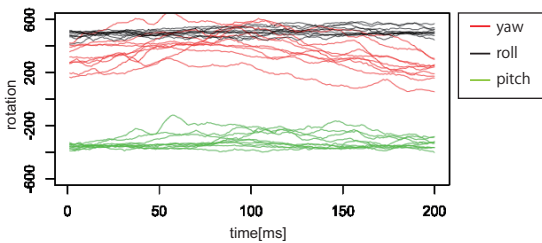


図 5 バックサイドターンの地磁気のセンサデータ

Fig. 5 Geomagnetic sensing data of the backside turn

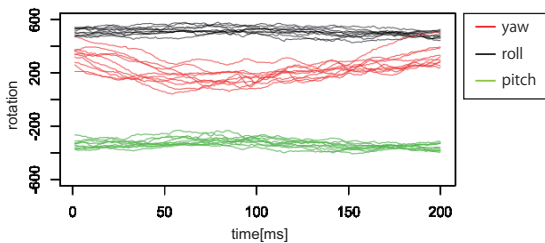


図 6 フロントサイドターンの地磁気のセンサデータ

Fig. 6 Geomagnetic sensing data of the frontside turn

に小型端末が外れないように固定しなくては行けない。

画面遷移

提案システムの画面遷移例を図 8 に示す。以下、その詳細を示すが箇条書きの番号は、図 8 中の番号に対応している。

- (1) ユーザが行いたい技を選択する。
- (2) ユーザが技を行うタイミングでユーザ自身が開始のトリガーを押す。
- (3) 数秒間取得したセンサデータをもとに抽象的にリアルタイムにビジュアライズする。
- (4) 一定の秒数を終了したのち、技が成功したかどうか表示する。
- (5) もう一度滑走するか、詳細なデータを閲覧するかどうか選択する画面の表示をする。

- (6) 滑走の詳細なデータの表示や、教師データとの比較を行う。

4. 実装

提案システムのプロトタイプを実装した。多機能マルチセンサには ATR-Promotions 社が販売している TSND121[10] を用いている。TSND121 は加速度・角速度センサ、地磁気センサ、気圧・温度センサ、AD コンバータを搭載していて、データを Bluetooth または USB 接続で送信可能で、オフラインでの計測結果を記録することも可能である。ビジュアライズや認識のための計算端末として、Lenovo 社の Miix28 を用いている。タブレット PC 上のソフトウェアの開発は、開発用端末として Dell 社の Inspiron 7348 を用い、Windows 8 上で Microsoft 社の Visual C++ 2012 と openFrameworks ライブラリを用いて行った。

5. まとめ

本研究では、スノーボーダーのためのセンサデータに基づく技の収集支援システムの提案を提案した。スノーボードという過酷な利用シーンにおいて、スノーボードの多種多様な技を収集するために必要なシステム設計方針について検討し、動作認識方法や、フィードバック方法、操作方法を提案した。今後の課題としては、これらの提案手法の実装および評価実験を行う予定である。

謝辞 立命館大学の村尾和哉氏から動作認識手法やアルゴリズムについて貴重なアドバイスをいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] SONY: Smart Tennis Sensor, SONY (online), available from <http://www.smarttennissensor.sony.co.jp/> (accessed 2015-07-05).
- [2] CEREVO: XON SNOW-1, CEREVO (online), avail-

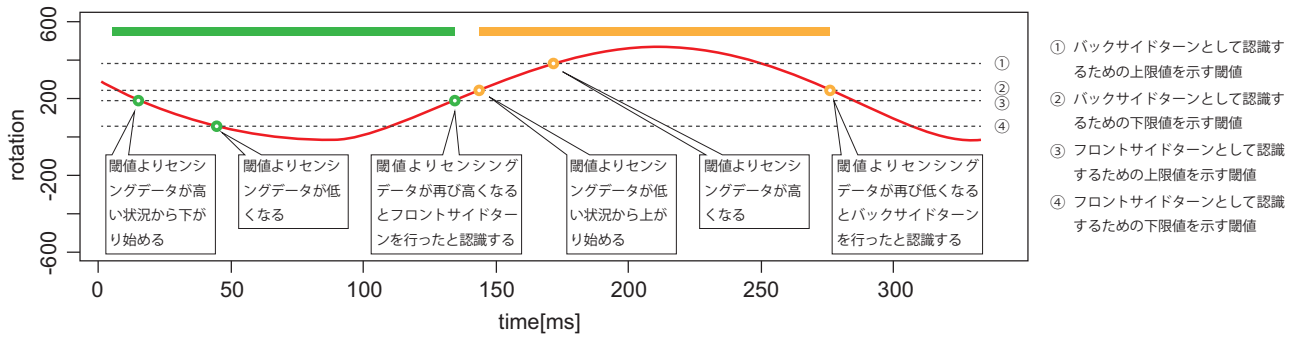


図 7 フロントサイドターンとバックサイドターンの認識例
 Fig. 7 Recognition example of front side turn and back side turn

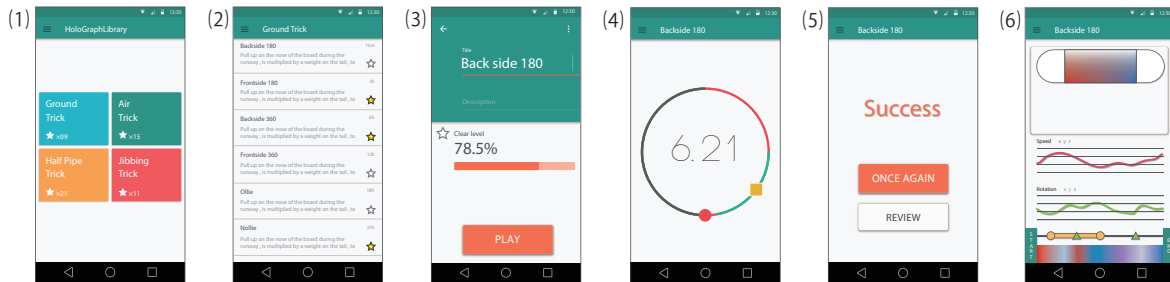


図 8 画面遷移例
 Fig. 8 Screen transition example

able from <https://xon.cerevo.com/ja/> (accessed 2015-07-10).

- [3] Holleczeck, T., Schoch, J., Arnrich, B. and Troster, G.: Recognizing turns and other snowboarding activities with a gyroscope., *Proceedings of the 14th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp. 75–82 (2010).
- [4] Michahelles, F. and Schiele., B.: Sensing and monitoring professional skiers, *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 4, pp. 40–45 (2005).
- [5] Harding, J., Mackintosh, C., Hahn, A. and James., D.: Classification of aerial acrobatics in elite half-pipe snowboarding using body mounted inertial sensors, *The Engineering of Sport 7*, Vol. 2, pp. 447–456 (2008).
- [6] Spelmezan, D., Schanowski, A. and Borchers, J.: Wearable automatic feedback devices for physical activities, *BodyNets '09 Proceedings of the Fourth International Conference on Body Area Networks* (2009).
- [7] Holleczeck, T., Zysset, C., B. Arnrich, Roggen, D. and Troster, G.: Towards an interactive snowboarding assistance system, *Proceedings of the 13th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp. 147–148 (2009).
- [8] Schoch, J.: Design of a Wearable Monitoring System for Snowboarding, Master's thesis, ETH Zurich (2010).
- [9] 村尾和哉, 寺田努: 加速度センサの定常性判定による動作認識手法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 52, No. 6, pp. 1968–1979 (2011).
- [10] ATR-Promotions: 小型無線多機能センサ TSND121, ATR-Promotions (オンライン), 入手先 (<http://www.atrp.com/products/TSND121.html>) (参照 2015-07-01).