

# 視覚障害者単独でのスキーシミュレータ利用のためのフィードバックシステム

三浦 悠輔\* Wu Erwin† 栗林 雅希\* 小池 英樹† 森島 繁生‡

**概要.** 視覚障害者スキーでは、視覚障害者を声で誘導する晴眼者が不可欠であるためトレーニングの機会は限られており、スキー技術向上が困難であった。そこで本研究では、視覚障害者単独でのスキーシミュレータを用いたスキートレーニングを可能とするために、先行研究およびブラインドスキーやガイドへのヒアリングの結果から、3種類の音（ガイドとのエラー音、ターンの予兆音、旗門通過音）をデザインした。ブラインドスキーやおよび彼らのガイドを対象に評価実験を行ったところ、4名中3名のスキーヤーにおいてターンの予兆音と旗門通過音を組み合わせたフィードバックを用いることで、実際にガイドが掛け声で誘導を行う条件よりも、旗門通過数が増加し、仮想ガイドとの平均距離が減少することが確認された。

## 1 はじめに

視覚障害者のスキーでは、彼らを声で誘導する晴眼者のガイドが不可欠であり、また季節や環境の制約が厳しいことからトレーニングの機会は少なく、スキー技術向上が困難という問題がある。図1のような屋内スキーシミュレータは単独でのスキー練習を可能にするが、このシミュレータを用いたトレーニングシステム [4, 6, 3] は晴眼者のみを対象としており、視覚障害者はシミュレータを用いて晴眼者と同様の練習を行うことはできない。そこで本研究では、視覚障害者単独でのスキーシミュレータを用いたスキートレーニングを可能とする聴覚フィードバックシステムを構築する。視覚障害者がスキーシミュレータを利用する方法として、前方を滑走する仮想ガイドの追従を促すフィードバックの提示が考えられるが、既存手法 [2, 5] はスキーの滑走のように、ユーザがスピーディな方向転換を繰り返し行う必要がある状況を想定していない。本研究では、先行研究および実際のブラインドスキーやガイドへのヒアリング調査から、聴覚フィードバックを構築し、それらの有効性を調査するために視覚障害者とガイドを対象に評価実験を行った。

## 2 システムデザイン

本研究では、3種類の聴覚フィードバックおよびそれらを組み合わせたフィードバックを構築した。

**ガイドとのエラー音 (CES)** この音は、Parseihianら [5] によって提案された、ユーザの  $x$  秒後の未来の位置と進行すべき位置の差に応じて変化する連続

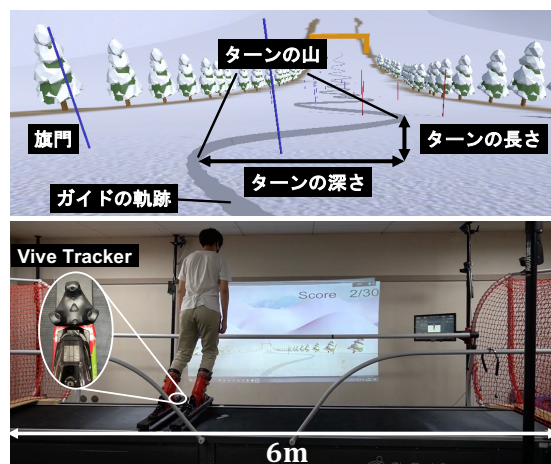


図 1. 晴眼者向けのスキーシミュレーションシステム。

音 (CES: Continuous Error Sound) である。本研究ではその差が大きくなるほど音高が高く、音量が大きくなるようにし、進行方向を伝達するためにステレオ音響を用いて進行方向から音を出力した。

**ターンの予兆音 (ATS)** この音は、次のターンのタイミング、長さ、深さ、方向についての情報を伝達する単独音 (ATS: Advance Turn Sound) である。ATSはターンをすべき方向のスピーカから、ターンを行うべき地点（ガイドの軌跡の変曲点）に到達する  $x$  秒前に出力される。さらに、次のターンの長さや深さに応じて、音の長さや高さが変化する。この音は、ガイドがターン前に「はい」あるいはターン方向に応じて「右」「左」と声をかけており、これらの掛け声の長さや強弱によって、ターンに関する情報を伝えている [1] という事実に基づいて設計した。

**ATS と CES の組み合わせ (Mix)** ATS と CES を組み合わせると、ユーザは基本的には ATS で滑走を行い、軌道から外れた場合は CES によって軌

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

\* 早稲田大学

† 東京工業大学

‡ 早稲田大学理工学術院総合研究所

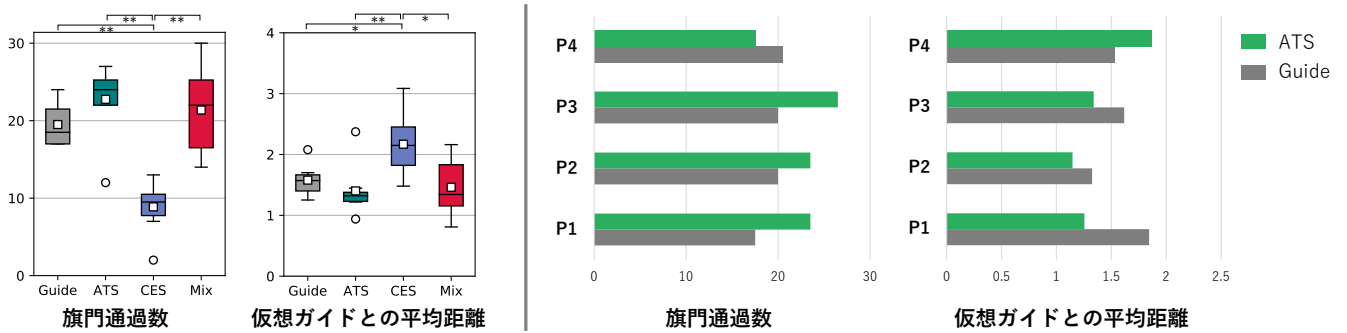


図 2. 各実験条件における定量評価指標の結果（左図）と参加者ごとの ATS 条件と Guide 条件の定量評価指標の結果（右図）．右図において上の括弧は各条件間の有意差を表す：\* ( $p < .05$ ), \*\* ( $p < .01$ ).

道修正することが期待される．しかし単なる組み合わせでは，認知負荷が高いフードバックになってしまうため，本研究では，ATS と CES をユーザの位置や速度に応じて切り替えた．具体的には，ユーザと仮想ガイドの進行角の差  $\theta$  およびユーザとガイドとの距離  $d$  に応じて音を切り替えた．

**旗門通過音** ATS, CES, Mix に加えて，ユーザが自身の滑走に対する事後評価を得られるよう，ユーザが旗門を通過した際に旗門通過音を出力した．

### 3 評価実験

本研究では，4 名のスキー経験のある視覚障害者（年齢：50-72（平均 56.5 歳），男性 3 名，女性 1 名）および 3 名のガイド経験のある晴眼者（年齢：46-56（平均 50.7 歳），男性 1 名，女性 2 名）を対象に，評価実験を行った．実験では，30 の旗門からなる仮想ゲレンデを作成し，コース上に仮想ガイドの軌跡を灰色の線として配置した [3]．本実験では CES, ATS とその組み合わせの有効性を検証するために，ガイドが声掛けを行う Guide 条件，CES のみを出力する CES 条件，ATS のみを出力する ATS 条件，ATS と CES をユーザの状況に応じて出力する Mix 条件という 4 つの条件を用意した．まず，参加者は 30 分程度スキーシミュレータに慣れるために練習を行い，その後各条件においてそれぞれ 5 分間のトレーニングを行った．次に，各実験条件において 2 回ずつテスト滑走を行った．実験時には，安全のためにスキーシミュレータの幅の長さの間隔をつかむまでは，参加者はシミュレータの前方に設置された手すりから手を離さないように移動した．さらにユーザがコースを記憶して滑走することを防ぐために，参加者は毎回ランダムなコースを滑走した．実験では，コースはランダムに生成されたものを使用し，コースを記憶することを避け，実験を行う順序は参加者によってランダムにした．またユーザのパフォーマンスを評価するために，滑走ごとに旗門の通過数および仮想ガイドとの平均距離を計測した．

### 4 結果と考察

図 2 に各条件における定量評価指標の結果を示した．マン・ホイットニーの U 検定（有意水準：5%）を用いて各条件の比較を行ったところ，CES 条件は他の条件に比べて旗門の通過数が有意に小さくなり，仮想ガイドとの平均距離が有意に大きくなるという結果が得られた．また参加者ごとの結果を比較すると，4 名中 3 名の参加者は Guide 条件に比べて ATS 条件の方が旗門通過数が増加し，仮想ガイドとの平均距離が小さくなった．これらの結果から，CES はトレーニングに有効でなく，また ATS 条件ではガイドの掛け声を行う条件と同等のパフォーマンスを行うことができる可能性があるといえる．また，このように CES が有効でなかったことから，Mix 条件でのパフォーマンスは ATS 条件とほとんど変わらなかったといえる．

実験後のインタビューでは参加者全員から，ATS はわかりやすく，次のターンについての情報を理解し，それに向けて準備することを可能としたというコメントが得られた．一方で，CES については軌道修正を行う必要がある方向はわかるが，具体的にどの程度修正すればよいかわからないというコメントが得られた．実際に参加者からは，CES が組み合わせることでむしろ集中の妨げとなったという意見が得られた．

### 5 まとめ

本研究では，視覚障害者単独でのスキーシミュレータを用いたトレーニングを可能とする聴覚フィードバックについて検討を行った．評価実験の結果，スキーシミュレータにおける滑走では ATS は有効であり，ガイドが掛け声を行う条件と同等のパフォーマンスを可能とすることと，CES は有効でないことがわかった．今後は要求されるターンの頻度やユーザの移動範囲，ATS や CES におけるパラメータと，ユーザのパフォーマンスの関係を調査したい．

## 謝辞

本研究は、JST CREST JPMJCR17A3 の支援を受けた。

## 参考文献

- [1] K. B. S. Club. Blind ski support guideline. Retrieved in October 10, 2022 from [https://kanagawa-blindski.com/wp-content/uploads/2018/04/Guideline\\_2017ver1.pdf](https://kanagawa-blindski.com/wp-content/uploads/2018/04/Guideline_2017ver1.pdf), 2017.
- [2] Google. Project Guideline. Retrieved in October 10, 2022 from <https://japan.googleblog.com/2021/08/project-guideline.html>, 2021.
- [3] T. Matsumoto, E. Wu, and H. Koike. Skiing, Fast and Slow: Evaluation of Time Distortion for VR Ski Training. In *Augmented Humans 2022*, AHS 2022, p. 142–151, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [4] T. Nozawa, E. Wu, F. Perteneder, and H. Koike. Visualizing Expert Motion for Guidance in a VR Ski Simulator. In *ACM SIGGRAPH 2019 Posters*, SIGGRAPH '19, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [5] G. Parseihian, M. Aramaki, S. Ystad, and R. Kronland-Martinet. Exploration of Sonification Strategies for Guidance in a Blind Driving Game. In M. Aramaki, M. E. P. Davies, R. Kronland-Martinet, and S. Ystad eds., *Music Technology with Swing*, pp. 413–428, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [6] E. Wu, F. Perteneder, H. Koike, and T. Nozawa. How to VizSki: Visualizing Captured Skier Motion in a VR Ski Training Simulator. In *The 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry*, VRCAI '19, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.

## 未来ビジョン

視覚障害者は、彼らがすべき行動や周囲の情報をリアルタイムに伝達するガイドが同伴することで、マラソンやスキーといったスポーツを楽しむことができる。つまり視覚障害者がこのようなスポーツを行う際には、経験のあるガイドが視覚障害者のそばにいる必要がある。このような制約から、視覚障害者が運動をする障壁は非常に大きく、日本では日常的に運動をしている視覚障害者の割合はおよそ3割程度にとどまっている。本研究では特にスキーに注目し、視覚障害者のオフシーズンでの単独トレーニングを可能とするためのフィードバックについて探求を行い、視覚障害者がスキーを行う上で効果的な情報の種類や、その伝達方法などに関する知見を得ることができた。将来的には本研究で得られた知見とリアルタイムに動作する高精度な動画像認識

技術を組み合わせることで、視覚障害者の実環境での単独滑走を実現したいと考えている。しかしこれらの音を実際のスキー場における視覚障害者の滑走に応用する際に本研究で用いたフィードバックが有効であるかは、今後検討する必要がある。また本研究によって、ターンの頻度と ATS・CES の有効性には相関があることも示唆された。したがってターンの頻度と ATS・CES それぞれの有効性の対応関係についても、今後より詳細に探求する必要がある。さらに、実際に視覚障害者が単独で滑走するためには、スキー場における周囲の状況を把握したり、ユーザの位置や姿勢、速度といった情報を獲得したりする必要も生じる。今後は ATS や CES の実環境での有効性についての検証を行いつつ、コンピュータビジョン技術を利用したスキー場での周囲の情報の検出およびユーザの情報の獲得に取り組みたい。