

スマートグラスを用いた自転車ナビゲーションシステム における情報提示タイミングの評価

二村 凌¹ 打矢 隆弘¹ 内匠 逸¹

概要：近年、スマートグラスと呼ばれる眼鏡型ウェアラブルデバイスが登場し、業務向けや開発者向け、アスリート向けといった用途を絞った製品が販売されている。中でも自転車乗車中に使用するサイクリスト向けの製品に着目した。製品化されているものについて調査を行ったところ、日本で使用するには問題があることが判明した。そこで本研究ではサイクリスト向けのスマートグラスの問題点を解決し、日本で安全に使用できるようにすることを目指す。今回は、ナビゲーション情報の提示時間を制限した場合、どのようなタイミングで提示するのが適切なのかを評価する。

1. はじめに

近年、自転車向けのナビゲーションを行うアプリケーションや自転車のハンドル付近に装着して使用する自転車用ナビゲーションシステム装置が登場し、それらを使用した外出・観光が増加している。しかし、これらのナビゲーションを確認・操作を行う場合には、どうしてもハンドル付近を注視することになる。自転車の運転中にハンドル付近を注視した場合は前方不注意となり、周囲の安全を確認することが困難となる。また、停止した状態においてハンドル付近を注視してしまうと、移動前の周囲の安全を十分に確認できなくなってしまうことが問題となる。この問題を解決するために着目したのがスマートグラスである。海外ではすでにサイクリスト向けのスマートグラスが販売されているため、調査を行った。その結果、日本国内で使用するには使用中、常に情報が表示されていることや、ナビゲーションに関係しない情報が表示されることが問題になることが判明した(図1)。これらの問題点は道路交通法第71条5の5に抵触していること、及び、日本自動車工業会が設けている「画像表示装置の取り扱いについて 改訂第3.0版」の項目に反していることが要因である。従って、現在販売されているサイクリスト向けスマートグラスを日本国内で使用すると法律に抵触するため現状では使用を避けるべきであるという問題がある。

そこで本研究では、これらの問題点を解決し、日本国内でサイクリスト向けスマートグラスを安全に使用できるようにすることを目指す。そこで実際にスマートグラスを用

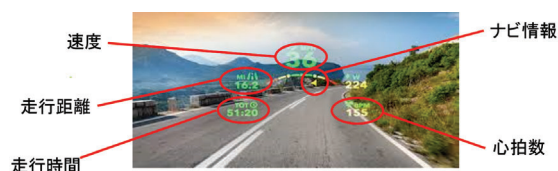


図1 サイクリスト向けスマートグラス使用図

いてナビゲーション情報を提示するシステムを開発し、主にガイドラインで定められている様々な項目について評価を行う。本論文では情報の提示時間を制限した場合、どのようなタイミングでユーザに情報を提供することが適切なのかを評価する。

2. スマートグラス

スマートグラスとは、メガネをかけるように頭部に装着して使用するウェアラブルデバイスのことを指す。多くのスマートグラスは実際に見ている光景に情報を重ねて表示するものとなっている。この特徴から「AR(Augmented Reality) グラス」と呼ばれることもある。他にも一般的にスタンドアロンでは機能せず、Wi-Fi, Bluetooth等を用いてスマートフォンやインターネットに接続して機能するという特徴がある。また、音声認識によるコマンドの実行や操作が行えるコントローラやインタフェースを備えているものも存在する。スマートグラスはもともと軍事目的として研究が進められており、1970年代から存在している。現在では、GoogleのGoogle Glass, EPSONのMoverioなど数社が販売を行っている。また、販売されているスマートグラスの中には、サイクリスト用、アスリート用などといったターゲットを絞っているものも存在する。本研究で

¹ 名古屋工業大学 大学院 工学研究科



図 2 SmartEyeglass SED-E1

は、SONY の開発者向けスマートグラス「SmartEyeglass SED-E1」(図 2) を使用してシステム開発を行い、実験とその評価を行った。

3. 関連研究

3.1 概要

伊藤ら [2] は、自動二輪車運転者（以下、ライダー）への情報提示を行う装置としてヘッドアップディスプレイ（以下、HUD）を用いた情報提示装置を開発し、それを用いた情報提示タイミングの評価を行っている。この研究では、HUD を用いた情報提示に対するライダーの視覚情報処理時間を計測することによって運転中のライダーへ提示するのに適した情報提示タイミングに関する検討を行うことを目的としている。実験に関しては、他の車両や、歩行者などといったライダーの視線移動へ影響を与える要因のコントロールが難しいことや、被験者の安全の確保のためシミュレータを用いて実験を行っている。被験者に対しては 1 回の走行ごとにアンケートを取って主観的評価を獲得する。さらに HUD に提示された情報に対するライダーの発見時間（HUD に情報が提示されてからライダーの視線が提示情報に移るまでの時間）と視認時間（提示情報から視線が離れるまでの時間）を評価し、分析を行っている。

3.2 実験概要

実験はシミュレータで行っている。シミュレータの環境としてはライダーが実際に行う視線移動の特徴が再現できるように実寸大の広視野三次元映像を用いた没入型のシミュレータを使用している。被験者はシミュレータ用に用意された自動二輪車を運転するため、実際の運転状態に近い状態で実験が可能である。ナビゲーション情報を提示するタイミングは 25[m], 40[m], 55[m], 70[m], 85[m] の 5 つとしている。これらの距離はこれまでの伊藤らが行った研究で用いられた 40[m] を基準とし、自動車安全運転センターによる四輪自動車のナビゲーション情報提示に関する研究で言及されている最も短いタイミングが、30[km/h] 走行中においては 23[m] になっていることと、余裕のあるタイミングとして報告されている固定の距離 70[m] を参考としている。また、シミュレータにおける自動二輪車の速度

は 30[km/h] であるが、この速度はベースとしている道路の最高制限速度が 30[km/h] としていることから設定されている。

被験者（ライダー）の走行回数は各タイミングに対して 3 種類の進行方向（直進・左折・右折）の情報をそれぞれ 2 回ずつ行うため、計 30 回の走行を行う。そして、被験者には情報提示のタイミング、情報を何回提示するのかを伝えず、どのタイミングでどの進行方向が提示されるか予測できないように配慮している。この配慮により、被験者は情報が提示されるまで進行方向が分からないため、提示された情報を有効に活用する必要がある。被験者は普通自動二輪車免許を持つ 20 代の男性 10 名である。被験者は 1 走行ごとに提示タイミングについて五段階評価で回答する。評価は提示タイミングに対して“遅い”、“少し遅い”、“ちょうどよい”、“少し早い”、“早い”を回答として用意している。取得したデータ、アンケートに対して、三元配置分散分析を行い、その後多重比較 (Tukey の HSD (Honestly Significant Difference)) を行っている。

3.3 考察

視認時間の結果の分析では、視認時間を短くするという観点からは、25[m], 55[m] が適切なタイミングであることが示唆されている。このことから 40m のタイミングも適切なタイミングと考えられるためこの時点では 55m 以下が適切なタイミングである可能性が示唆されている。

一方、アンケートによる主観的な評価の分析では、40m の場合が最も評価が高く、次いで 55[m] の場合の評価が高くなっている。

これらの結果からこの研究においては 30[km/h] で走行する場合は、交差点から 40[m] から 55[m] 程度手前の距離で情報を提示するのが適切だと結論付けている。

本研究では、関連研究において自動二輪車におけるナビゲーションについての情報を提示するのに適切なタイミングが存在することから、自転車の場合においても情報を提示するのに適切なタイミングが存在するのではないかという仮説を立て、実験を行い、情報提示のタイミングの評価を行う。

4. 実験に使用したシステム

本研究では、提示タイミングの評価をするために必要なデータを取得し、被験者が任意のタイミングで情報を取得できるシステムを構築した。今回構築したシステムに導入した主な機能を下記に示す。

- (1) 自己位置推定
- (2) 設定した交差点までの距離算出
- (3) 速度算出 (時速に変換)
- (4) コントローラのタッチ時に進行方向の提示
- (5) 進行方向の情報提示時の距離・速度の記録

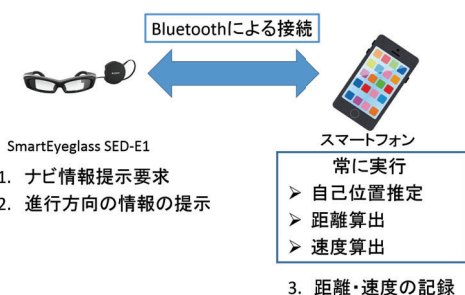


図 3 構築したシステムの処理の流れ



図 4 提示したときのイメージ図

今回の実験のために構築したシステムにおいては現行のナビゲーションシステムで使用されているのが GPS(Global Positioning System)であることを考慮し、自己位置推定・距離算出・速度算出については GPS を用いて実装を行った。そして、使用者が進行方向を提示させたタイミングで、距離と速度のデータをテキストファイルにして記録を行う機能を作成した。また、ナビゲーション情報を提示させるには、スマートグラス付属のコントローラにタッチする必要がある。構築したシステムの処理の流れを図 3 に示す。

4.1 ナビゲーション情報の提示

情報を提示させるにはスマートグラス付属のコントローラにユーザがタッチする必要がある。コントローラを用いた理由としては、実験を野外で行うため音声認識を用いると外界の雑音に反応したり、雑音が原因でユーザの言葉に反応できなかつたりする可能性が考えられたためである。コントローラではユーザが触れる以外の要因で反応することがないため適していると考えた。実際にナビゲーション情報を提示させたときのイメージとしては図 4 となる。

4.2 GPS を用いたデータ収集

スマートフォン側では常時 GPS を用いて情報(緯度・経度、速度)の取得を行っている。理由としては、スマートグラス側からの通知がきたのと同時にそのときの情報を取得する必要があるためである。取得した緯度・経度は球面三角法で距離を算出するのに使用している。速度は本来、単位 [m/s] で取得するが、関連研究と単位を合わせるために単位 [km/h] に変更して記録を行っている。



図 5 使用した自転車

4.3 GPS で取得する位置情報の精度

本システムにおける GPS で取得する情報の精度であるがこちらは別で実験を行っており、実際の距離とどれだけの誤差が発生しているかを把握している。実験で得られた誤差としては実際の距離より「+5[m]」の値が得られることが分かっている。加えてユーザがナビゲーション情報を見たいタイミングと判断してから実際にコントローラに触れるまで約 300~400[msec] 程度の時間がかかることを考える必要がある。これらのことから、評価実験で取得する距離のデータに関しては多少の誤差を考えて考察を行う必要がある。

5. 提示タイミングの評価実験

5.1 実験目的

本実験では、スマートグラスを使用した状態において交差点等での進行方向のナビゲーション情報の提示を行う場合、交差点からどのくらいの位置、また、交差点に到達するまでの秒数を利用して提示を行うタイミングを評価することを目的としている。本実験で得られるデータを使用し速度と距離の関係、速度と交差点に到達するまでの秒数の関係を調べ、提示タイミングとして適切な交差点からの距離、または交差点に到達するまでの時間を求めて評価を行う。

5.2 実験環境

本実験には大学生 7 名が参加した。自転車は「RITEWAY SHEPHERD CITY」(図 5)を使用した。実験に使用した場所の詳細を図 6 に示す。収集データの内容としては被験者が情報を提示させたときの速度と GPS で取得した位置情報を利用して算出して得た交差点までの距離である。この交差点からの距離の定義は図 7 のオレンジ色の矢印の距離である。そして、実験で提示したナビゲーション情報は図 8, 9, 10 に示す 3 種類であり、それぞれの提示時間は 1.5 秒間としている。この設定時間は道路交通法に違反しない 1 回の視認がおおむね 2 秒 [3] としていることやガイドラインを参考にして設定している。被験者の走行回数は 9 回となっている。これは各進行方向を 3 回ずつランダムに提示を行うためである。

その他に実験を行う際の条件を示す。これらの条件は実験が安全に行えるようにすること、実験で取得するデータ



図 6 実験に使用した場所の詳細



図 11 コントローラの取付位置

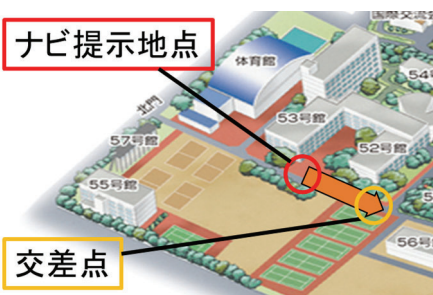


図 7 交差点からの距離の定義 (オレンジの矢印)



図 8 左折時の情報



図 9 直進時の情報



図 10 右折時の情報

に対する外的要因による影響を減らすことを目的としている。それぞれの条件について説明する。被験者に条件を課した理由としては主に実験を安全に行うためと被験者としての適性を考えたためである。本実験で使用するスマートグラスは眼鏡と併用できないため、裸眼又はコンタクトレンズを使用することになる。そのため、裸眼、コンタクトレンズを使用した状態で自転車の運転が危うくなる人は実験時の運転も危険になると考えられる被験者として適さない。したがって被験者に条件を課している。天候に関しては、実験で取得するデータに対して影響を与えないようにすることが目的である。雨天時はそもそも自転車を使用することが少なく、風の強さに関しては自転車のハンドル操作へ影響を与えないようにすることが目的である。ハンドル操作に意識が向いてしまうと被験者が本来ナビゲーション情報を見たいタイミングで確認できなくなる可能性が考えられるため考慮した。時間帯は主に安全に実験を行える

ように考慮したものである。人が少ないことで被験者は実験に集中することができるためナビゲーション情報を見たいタイミングで提示させることができる。また、歩行者等を気にすることがないため取得したデータに影響が出ないと考えたためこの条件を課している。

次に実験の手順を示す。

- (1) 被験者にスマートグラスの使用方法を説明する
 - (2) 被験者に実験上の注意等を伝える
 - (3) 被験者が自転車に乗った状態での操作に慣れる
 - (4) 被験者に9回走行してもらう
 - (5) 被験者にシステムに関するフィードバックをもらう
- (1) から (3) における手順を行う主な理由としてはスマートグラスの操作やスマートグラスを使用した状態での自転車の運転といった行為が初めてだという被験者が多いこと、実験において被験者がナビゲーション情報を見たいタイミングで情報を提示させられるようにコントローラをハンドル付近 (図 11) に固定していることで操作に慣れが必要だと考えたためである。さらに、操作に慣れてもらうことで外れ値となるようなデータが減少することを期待できたことも理由である。また、(2) における実験上の注意として与えた内容を示す。これらの注意は実験の条件を整え、取得データに影響が出ないようにすることが目的である。

- 走行する際は道路の中央線付近を走行すること
- 普段通りの運転を行うこと
- 走行後、必ずスタート地点に戻ることに

(4) では、被験者に自転車で走行しながらナビゲーション情報の提示を行ってもらう。事前の手順で確認した被験者自身が最もナビゲーション情報を見たいタイミングで情報を提示させる。実験中は周囲の安全を確認して行っている。(5) では、本論文で実装したシステムに対する意見やコメント、改良点等を聞いた。

5.3 実験結果

本実験で得られた結果を示す。図 12 は矢印提示時タイミングにおける速度 [km/h] と交差点までの距離 [m] の関係をグラフにしたものである。そして、図 13 は矢印提示

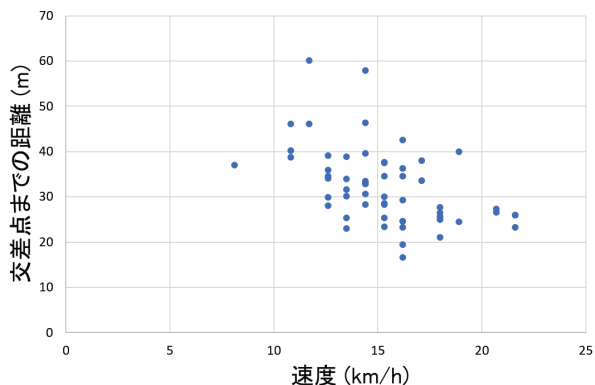


図 12 速度と交差点までの距離の関係

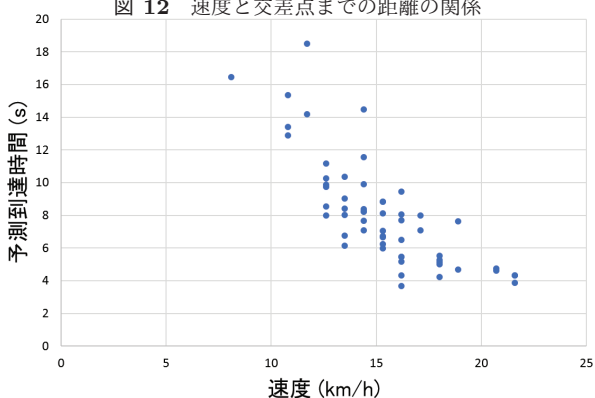


図 13 速度と交差点に到達するまでの時間の関係

時タイミングにおける速度 [km/h] と交差点に到達するまでの時間 [s] (以下、予測到達時間) の関係をグラフにしたものとなっている。次に使用したデータ数、速度・交差点までの距離・予測到達時間の平均値と標準偏差を表 1 に示す。

表 1 各データの値

データ数 [個]	57
速度の平均値 [km/h]	15.30
速度の標準偏差 [km/h]	2.85
交差点までの距離の平均値 [m]	32.32
交差点までの距離の標準偏差 [m]	8.49
予測到達時間の平均値 [s]	8.09
予測到達時間の標準偏差 [s]	3.28

実験時に得られた意見を以下に示す。

- 提示回数を増やしてほしい
- 詳細な情報が欲しい
- 提示時間はもう少し短くてもいい

5.4 考察

まず、今回取得した交差点までの距離の誤差について考える。本実験において速度の平均値が 15.30[km/h] であることを考えると本実験における距離の誤差は+5[m] から約 1.5[m] 引いた数値である+3.5[m] であると考えられる。時間の誤差は 300~400[msec] として考える。これらの誤差の値を含めて考察を行う。

次に、速度と交差点までの距離の関係をしてみると全データ 57 個中 49 個においてグラフでは、20[m] から 40[m] の区間にあることが分かる。また、20[m] から 40[m] 区間にあるデータの速度に着目すると、12.5[km/h] 付近から 20[km/h] ほどの速度になっていることが分かる。自動車安全運転センターの「カーナビゲーションを用いた画像情報提供のあり方に関する調査研究」[4] では、情報提供のタイミングには速度が影響するのではなく、交差点までの距離が影響しているという考察を述べている。このことから速度に関わらず、多くのデータが 20[m] から 40[m] 区間にあることは妥当であると考えられる。したがって、グラフから分かる結果に誤差を含めて考えると提示タイミングとしては交差点から約 16.5[m]~36.5[m] 離れた位置が適切であると考えられる。

次に、速度と予測到達時間の関係を見てみると、強い負の相関 (相関係数: -0.78) が見られた。このような結果になった理由として挙げられるのは、速度に関わらず交差点までの距離にあまり変化がなかったことである。つまり、速度間による差異が大きくなかったため、速度の値が大きかったデータでは予測到達時間の値が小さくなり、速度の値が小さかったデータでは予測到達時間の値が大きくなったと考えられる。従って、図 13 に見られるように負の相関が強くなり、予測到達時間の標準偏差の値も 3.28[秒] と大きい値になったと考えられる。次に、予測到達時間の平均値に着目する。本実験で得られた予測到達時間の平均値は 8.09[秒] であった。自動車安全運転センターの「自動二輪車等への情報提供のあり方に関する調査研究」[5] では、情報提示タイミングに対してのアンケート評価において 8[秒] 前の提供が「ちょうどよい」という評価が多かったことを報告している。このことから自転車の場合の情報の提示タイミングの適切な位置として誤差を加味すると、交差点に到達する前の約 8[秒] 前に 0.3~0.4[秒] を含めた 7.69~7.79[秒] 前のタイミングが妥当であると考えられる。

得られた意見のほとんどがナビゲーション情報そのものに対する意見であった。本実験では、関連研究に条件を合わせるために進行方向の情報のみを提示したが実際には他の情報も必要になると思われる。こちらに関してはまず 1.5[秒] という時間内でどれだけの情報を理解できるのかを確認する必要があると考えられる。今後、実験を行い、ナビゲーション情報として適切な情報を選択していきたい。他にもナビゲーション情報の提示回数について意見があったが、ガイドラインや道路交通法に抵触する可能性があるため、1 回のみを表示を行う場合を本研究では考えるつもりである。

6. まとめ

本論文では、日本国内においてサイクリスト向けスマートグラスを安全に使用できるようにするための工夫とし

て、情報の提示タイミングを取り上げ、実際にスマートグラスを用いて提示タイミングを評価するためのシステムを構築した。システムに実装した機能は、進行方向(左折・直進・右折)を視界中央に提示させる機能、ユーザがナビゲーション情報を提示させたときにGPSで取得した現在位置の緯度・経度と速度を記録する機能、そして取得した緯度・経度を用いて球面三角法で算出する距離をデータとして記録する機能である。このシステムを用いた評価実験の結果としては、交差点から約16.5[m]~36.5[m]離れた位置が適切である可能性が示唆された。また、予想到達時間の平均値が7.69~7.79[秒]ほどになっていることから、このタイミングが妥当であることが分かった。そして本実験で得られた意見からナビゲーション情報そのものに対する評価を行う必要があることも分かった。今後、提示する情報の文字の種類(ひらがな・漢字・英語・記号)・文字や記号の大きさ・提示時間の短縮・提示する情報の内容(進行方向・何[m]先の情報なのか・交差点の名前)等の条件を変更し、スマートグラス上に提示する適切な情報量の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 自動車工業会, “画像表示装置の取り扱いについて 改訂第3.0版”, 2004.
- [2] 伊藤 研一郎, 西村 秀和, 小木 哲郎, “自動二輪車用ヘッドアップディスプレイにおける情報提示タイミングの評価”, 日本機械学会論文集, Vol83, No.853, 2017.
- [3] 警察庁, “交通情報の提供に関する指針” 国家公安委員会告示, No.12, 2002.
- [4] 自動車安全運転センター, “カーナビゲーションを用いた画像情報提供のあり方に関する調査研究”, 2007.
- [5] 自動車安全運転センター, “自動二輪車等への情報提供のあり方に関する調査研究”, 2006.