

高齢運転者のユーザビリティを考慮した 道路附属物配置評価手法について

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 寒地交通チーム ○中村 直久
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 寒地交通チーム 佐藤 昌哉

道路には多種多様な道路附属物が設置されている。道路管理者や公安委員会が、交通の円滑化や交通安全といったそれぞれの目的、それぞれの設置基準で道路標識等を整備しているが、これらが混在することによって、特に高齢な道路利用者にとって分かりやすいとはいえない状況になっている箇所も見うけられる。工業開発の分野では、ユーザビリティという利用者の使いやすさを重視する手法を取り入れており、道路附属物(特に道路標識や路面標示等)の視認性の評価に応用できないかを検討した¹⁾。

キーワード：高齢運転者、道路附属物、ユーザビリティ、交通安全

1. はじめに

近年、日本の免許保有者数は8千万人を超えたあたりで頭打ちの傾向が見られる中、65歳以上に限れば依然増加し続けており、2016年には保有者全体の約22%を占めるまでになっている²⁾。だが高齢運転者は認知判断機能の低下が危惧され、図-1のような多すぎる道路標識は分かりにくく特に高い位置は視認しづらいとの指摘もなされている³⁾。そのため、運転者にとって道路附属物の配置が適切で認識しやすいかを評価する手法の確立は急務である。道路管理者や公安委員会も、問題のある標識等について一般から情報を収集するべく、標識ボックスと称した窓口を設けているが、苦情を受けて設置者が講じた対策が、多くの道路利用者にとって満足のいくものに改善されているか検証は行われていない。

我々が冒頭で述べた工業開発手法に着目しているのは、被験者評価を踏まえて改良した試作品を、再度、被験者に評価してもらうという工程を繰り返す手法であり、効果を確認しながら改善することが可能なためである。



図-1 道路附属物の現況

2. ユーザビリティ

ユーザビリティとは、概ね「使いやすさ」「利用性」と和訳される。国際規格 (ISO 9241-11) では「特定の利用状況において、特定のユーザによって、ある製品が、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率、ユーザの満足度の度合い」とし、以下の4項目を定義している。

- 有効さ (effectiveness): ユーザが指定された目標を達成する上での正確さ、完全性
- 効率 (efficiency): ユーザが目標を達成する際に、正確さと完全性に費やした資源
- 満足度 (satisfaction): 製品を使用する際の、不快感のなさ、および肯定的な態度
- 利用状況 (context of use): ユーザ、仕事、装置 (ハードウェア、ソフトウェア及び資材)、並びに製品が使用される物理的及び社会的環境

よく似た概念にアクセシビリティがあるが、こちらは身体に事情を抱えている人も含め、できる限り多くの人が製品やサービスを使えるようにすることに目標が据えられており、点字ブロックの設置や床面の段差をなくすバリアフリー化はこの対策の一環である。一方、ユーザビリティは対象が「特定のユーザ」であると定義されている。これは既に製品やサービスを利用できている人を差し、彼らにとって更に使いやすいものを目指す。

製品のユーザビリティを向上させるには、ノウハウの豊富な専門家が経験則およびガイドラインを用いて使いやすさを診断する「ヒューリスティック評価」のほか、

一般から被験者を募り、使用感をテストしてもらう手法などがある。特に後者は「ユーザテスト」または「ユーザビリティテスト」と呼ばれ、ユーザの感想を直接知ることができる方法である。

本研究では日常的にハンドルを握っている65歳以上の高齢運転者の意見を収集することを目的として、ユーザビリティテストを採用した。

3. テスト手法

必要な被験者人数であるが、ユーザビリティテストの権威であるヤコブ・ニールセン博士は自身の研究により、5人いれば試作品の問題点を85%抽出できるとし、小規模なテストでも一定水準の評価結果が得られることを数値で示した。そのうえで、精度を向上させるため幾度もテストを繰り返すことを勧めている⁴⁾。このことを踏まえ、ユーザビリティテストを導入している工業開発の分野では、5ないし6人という少数の被験者に試作品を繰り返し評価してもらうことが一般的となっている⁵⁾。

ユーザビリティテストの試作品評価は、被験者の行動観察と意識調査の双方を行う。前者は試作品を扱う被験者の行動を始終観察して、戸惑いや間違えた箇所を客観的に知る手法である。後者は被験者が感じたことを知る手法で、発話法と回顧法がある。

発話法とは試作品を操作している間、被験者が思っていることをリアルタイムで口にしてもらうもので、行動観察中に手が止まった場合に、何が分からなくて悩んでいるのか、操作ミスがあった場合には何を勘違いしたのかを調査側はその場で知ることができる。欠点としては操作をしながら、独り言のように話しつづけるのは慣れていなければ意外と難しいことである。

回顧法はアンケートやインタビューで、テスト中のことを後から思い出しながら答えてもらう手法である。発話法と違って被験者に慣れは要求されないが、テスト対象の項目が多いほど、後からそれらを正確に思い出すが困難になりやすい。

(1)概要

製品開発評価の手法を本研究に応用するため、「試作品」を「道路附属物」に置き換えてみると、ユーザビリティテストの方法は、被験者に道路を走行してもらいつつ標識等の分かり易さを判断してもらい、その評価結果を踏まえて位置や数量を修正する手法が考えられる。

だが、標識をはじめとする実物の道路附属物を重機で幾度も移設するのは簡単な作業ではない。また実車でのテストは、標識に気を取られすぎた被験者が運転を誤る可能性も考えられる。

そもそもユーザビリティテストは、被験者が操作を戸惑うあるいは間違える様子を観察して、試作品の問題点



図-2 実験状況

を発見していくものであることから、ミスの発生は想定内でなければならない。そのため、事故を起こしても問題ない環境を提供する必要がある。

それらを踏まえると、コンピュータグラフィックスを活用した仮想現実の空間で試験をするのが望ましいと判断し、簡易な試験用のソフトウェアを開発した。コースは固定だが、道路附属物はマウスとキーボードを用いて自在に設置、撤去、移動させることができ、ユーザビリティテストの特徴である「試作品の評価と修正」を繰り返す一連の作業を可能としている。

なるべく現実の運転環境に近い方がよいと考え、会議室に運転席に見立てたシートを持ち込み、プロジェクタは壁面から250cmの位置に設置することで、映像が座席から見て有効視野範囲に収まる200cm×275cmの大きさになるようにした。被験者には運転しているかような感覚を得てもらうためハンドルとペダルも設置したが、3回目まで行った実験では、走行映像と連動させるに至らなかった。実験コースは、曲線半径50mのカーブ区間とした(図-2)。

(2)被験者

高齢運転者として運転免許証を保有し日常的に運転をしている65歳以上の被験者に集まってもらった。全5名のうち、2名は70歳以上である。実験中には後述の視線計測装置を目に装着してもらうため、眼鏡をしなくても運転に支障がないことを条件としている。

(3)実験工程

走行実験は3回実施した。各実験終了後には、得られた評価を分析して問題点を抽出、改善方針を検討したうえで道路附属物の整理を行った。あらかじめ、その作業を考慮し、2回目および3回目の実験までに、それぞれ2週間ほどの準備期間を設けた。

	道路附属物	数量	備考
1回目	シェブロン	10基	多数の道路附属物を設置
	標識（規制・指示・警戒・補助）	計10枚	
	矢羽根（固定式視線誘導柱）	14本	
	路面標示（滑り止め舗装）	あり	
	区画線	あり	
2回目	シェブロン	4基	被験者の評価を踏まえ設置数を減少
	標識（規制・警戒）	計2本	
	矢羽根（固定式視線誘導柱）	14本	
	路面標示（滑り止め舗装）	なし	
	区画線	あり	
3回目	シェブロン	4基	路面標示を再設置
	標識（規制・警戒）	計2本	
	矢羽根（固定式視線誘導柱）	14本	
	路面標示（滑り止め舗装）	あり	
	区画線	あり	

図-3 道路附属物の配置条件

(4)行動観察と意識調査方法

行動観察として被験者に視線計測装置を着用してもらうこととし、意識調査としてアンケートとグループインタビューを実施した。また、運転中には思ったことをできるだけ口にし続けるよう被験者にお願いした。

視線計測装置には、眼鏡型の「Tobii Pro Glasses 2（トビー・テクノロジー社製）」を用いた。ヘッドユニットにカメラが搭載されており、被験者が実験中に画面のどこに視線を向けているかを追跡することができ、取得したデータは専用のソフトウェア「Tobii Pro Glasses Analyzer」にて分析が可能である。視線計測の結果は、ヒートマッピングという方法で視覚化した。これは注視された箇所をサーモグラフィのように画面上に着色していくもので、頻度が低い箇所は緑色、高くなるほど赤く表される。

本実験では、カーブ手前における被験者の注視箇所を調査することとし、観測時間はドライバーが障害物を発見してブレーキを踏むまでの反応時間として「道路構造令の解説と運用」が採用している2.5秒とした。

アンケートでは、5種の道路附属物(図-3)について1回目は重視するもの、2回目以降は改善を要するものを被験者に尋ね、順位付けを試みた。1回目のみ矢羽根と標識をまとめて質問したため、比較項目は4種類となっている。4、5種類ある項目を全て1から順位付けするのは難しいと考え、シェッフェの対一比較法を用いることとした。これは「区画線」と「警戒標識」、「シェブロン」と「警戒標識」など一対ずつ抽出した2項目について比較して、良いと思う方を答えてもらい、全ての組み合わせ結果を最後に集計して数値化、全体の順位付けする方法である。

インタビューでは被験者の負担が軽減され意見も出しやすくなるのではないかと考え、個別の対面方式ではなく集団討論方式にした。A1サイズのカーブ区間の写真

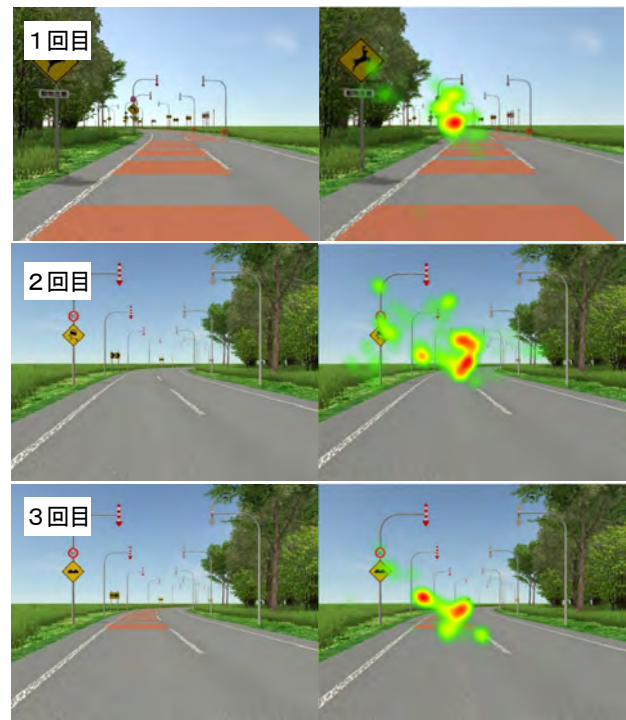


図-4 ヒートマッピングによる視線分析

を卓上に置き、その上に道路附属物の図を配置したりしながら自由に意見を述べてもらった。

4. 結果

(1)行動観察

図-4の視線分析であるが、多数の道路附属物を配置した1回目の実験では、視線がカーブの先に集中した。

道路附属物に関しては、カーブ方向側に配置された標識は注視されているが、反対側は注視されていない。また、区画線や滑り止め舗装である赤い縞の路面標示（以降、単に「路面標示」と称する）もあまり注視されていなかった。

2回目の実験では1回目の評価結果（詳細は後述）を踏まえて、標識の配置数を減じ、シェブロンの種類を統一させた。また、低評価だった路面標示は削除した。

被験者の視線がカーブ先から進行方向正面へやや移動したほか、視界が広がり標識の注目頻度もやや上昇した。

路面標示を追加した3回目の実験では、その路面標示の注視頻度が高く、シェブロンについても同様だったが、逆に標識の頻度は2回目よりも低くなった。全体的には被験者の視線が低位置に寄る傾向が見られた。

(2)アンケート

図-5は道路附属物のアンケートをシェッフェの対一比較法で順位付けした結果である。1回目は区画線、路面表示、警戒標識と矢羽根（固定式視線誘導柱）、シェブロンの4種のうち、被験者が重視する項目について回答してもらった。警戒標識やシェブロンは順位が高いが

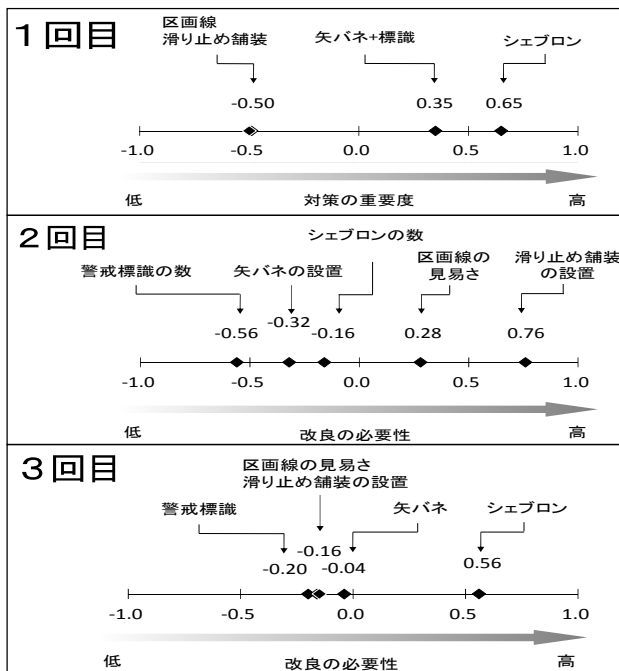


図-5 アンケート結果1

区画線と滑り止め（路面表示）は低かった。

2回目以降は質問を変更し、改良すべき項目を回答してもらった。1回目での順位が低いため映像から削除してあった路面標示だが、最も改良すべき項目となった。

3回目の実験では路面標示を再度表示したところ、改良すべきとする優先度は低下した。

(3)グループインタビュー

3回とも、走行実験終了後に被験者に集まってもらい、改善点について自由に意見を述べてもらった。

多数の道路附属物を配置した1回目の実験に関しては標識とシェブロンについて、種類と設置数を減らすべきとの意見が多く出された。

2回目の実験では、削除した路面標示の必要性についての内容が多かった。

3回目の実験では、路面標示について見やすい等の好意的な意見が多く聞かれた。

なお道路外側線を指し示す矢羽根であるが、被験者にとっても雪に覆われる冬季の北海道では必要なものという認識であった。

(4)追加テスト (4回目)

ここまでのテストでは既に述べたとおり、被験者は車両を操縦しているわけではない。そこでハンドルとペダルで運転できるようソフトウェアを修正したのち、運転操作の有無が視線挙動に与える影響について確認する実験を行った。年齢による視線変化の有無についても確認するべく、比較対象として若年層の被験者として、職員の中から4名に参加してもらった。

目を引くような標識等を置かないこととし、道路附属

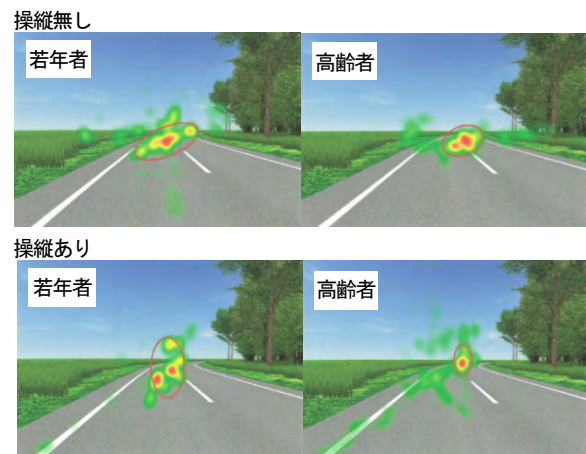


図-6 運転の有無による視線比較（ヒートマッピング）

物は全て排除した。ただ、区画線だけは明示した。

まず時速40キロで右カーブを走行する映像をハンドルやペダルの操作無しの条件で実験したところ、ヒートマッピング（図-6）の黄色および赤色の注視範囲は、若年層と高齢層ともに地平線の高さで、やや傾いてはいるが左右に広がる傾向があった。次に自分で運転しながら走行してもらったところ、若年層と高齢層ともに注視範囲が垂直になる傾向が見られ、また、注視の度合いは高くないが外側線を見るようになった。

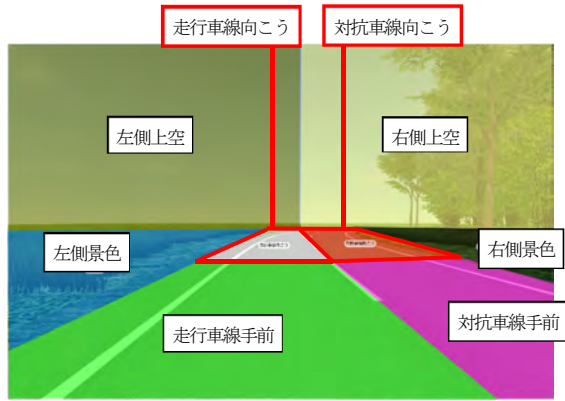
視点が一定の範囲内に留まったとき、そこを興味点としてカウントしていくことで、視界のどのエリアを注視したかを数値化するAOI（興味関心領域）分析を行い、結果をグラフで示したのが図-7である。

高齢者と若年者に共通する傾向であるが、操縦が無いときは注視しなかった走行車線手前エリアが、操縦があるときには30%前後まで上昇した。

また、3回目までは道路附属物が多い状況からの改善点抽出を試みたが、追加テストでは逆に何も無い状況から設置が必要と感じた附属物や改良点を抽出する意識調査を行った。実験後のアンケートは2種類用意し、まず警戒標識、シェブロン、視線誘導標、大型注意喚起看板、幅員を狭く見せる路面標示（ドット線）のうち設置する必要があると思うものを尋ねたところ、ドット線と視線誘導標が低かった。次に警戒標識の数、シェブロンの数、矢羽根の数、区画線の見やすさのうちで改良点を尋ねたところ、シェブロンと警戒標識の数が高く、矢羽根が最も低かった（図-8）。

グループインタビューでは、まずカーブ手前には遠くから視認できる大型のカーブ標識は有効であるということ意見が一致した。カーブ区間内のシェブロンは一種類に統一すること、路面標示にカーブを知らせる機能はないが「この先に何かがある」と運転手に注意を促す効果はあり、設置したほうがいいとの結論が得られた。なお、アンケートで低評価の矢羽根だが、討論でもほとんど話題とされなかった。

各エリア分割



エリア別の視線方向の割合

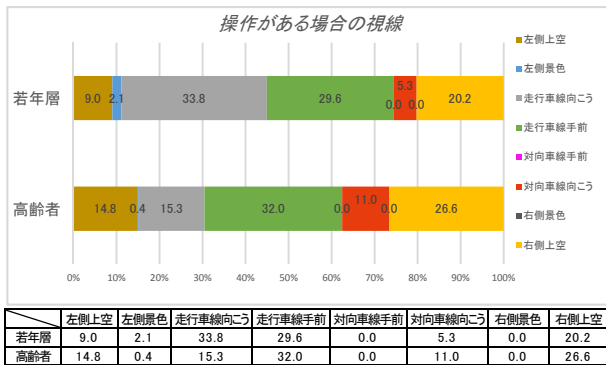
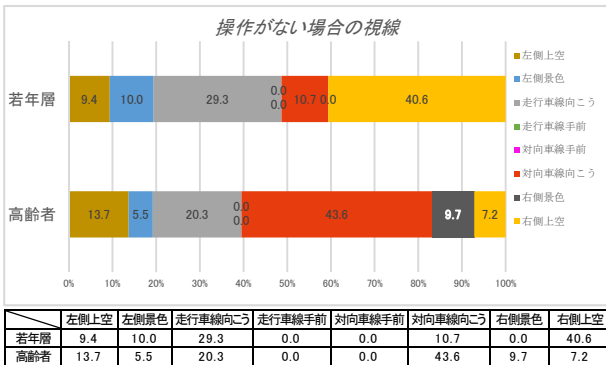


図-7 運転の有無による視線比較 (AOI分析)

また被験者の発話内容を分析することで、カーブ区間における思考の傾向が見えてくるのではないかと考え、収録してある音声をテキストに書き起こし、無料のテキストマイニングソフト「KH Coder」による分析を試みた。

このソフトは文章を単語レベルで抽出してそれぞれの出現頻度をカウントすると同時に、どの単語に対してどの単語が共起されるか、つまり一緒に使われやすいのかを探ることができる。例えば「ハザードランプ」という語には「停車」が共起されると思われるが、「謝礼」など開発者等の予期せぬ単語との結びつきが示されることで、想定しなかった用法やニーズが浮かび上がることも期待される。

出現頻度の多い単語はより大きな円で表され、結びつきの強い単語同士はより太い線で結ばれる共起ネットワーク

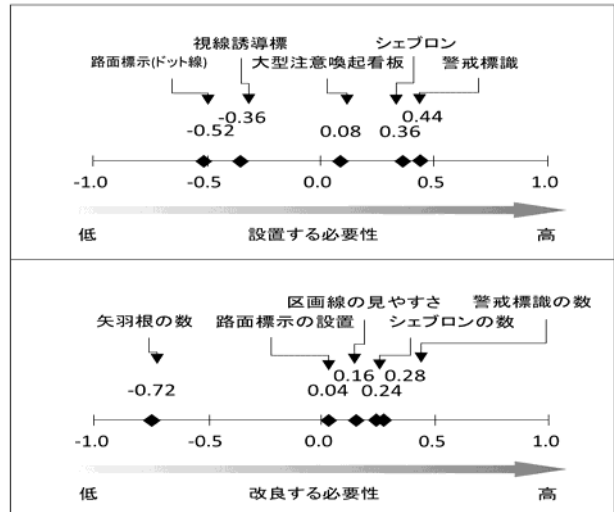


図-8 アンケート結果2

ークと呼ばれる図で、1回目の実験の発話について傾向の視覚化を試みたのが図-9である。

5. 考察

1回目の実験のように道路附属物を多数配置した条件では、被験者の視線はカーブ先およびそちら側に配置された標識へ集中しているが、グループインタビューにおいて標識への意見は肯定的なものではなかった。標識に視線が集中したのは、見やすく走行中に頼りにしたためではなく、分かりにくい中で情報を得ようとした結果である可能性が高いと思われる。3回目で高評価となる路面標示とシェブロンであるが、この時点ではあまり評価されなかった。雑多な設置物のなかに埋もれてしまい、本来持っている有効性を示せなかったのではないかと考えられる。

2回目の実験では、被験者はカーブの道路線形の情報を適切に得られていたと思われ、標識の改良の必要性は低いというアンケート結果からもそのことが窺える。被験者の視界が拡大したのも、標識の乱雑さが解消されて心理的に余裕ができた結果と考えられる。

ただ、消去した路面標示に対しては、グループインタビューでその必要性に関する発言が多くなされており、被験者は、なんらかの不足感を覚えていたと考えられる。

3回目の実験での被験者の視線は、2回目よりも上方向の頻度が大幅に低減し、シェブロンと再設置した路面標示へ集中した。またグループインタビューで路面標示は、低位置にあって目に入りやすいなど好意的な意見が多く出された。被験者にとって、視線を上げずに情報を得られる3回目の配置は最も望ましいものになったと思われ、これで良いとの意見もあった。

追加テストでは、運転操作の有無で被験者の視線に変

化が見られ、特に運転操作があった場合には下方を注視する傾向が強くなった。ヒートマッピング分析で判明した外側線への注視は、自分が道路に沿って運転できているかについての参考にしていたためと考えられ、これは運転操作をしなかったときには見られなかったものである。

このように運転の有無で視線に差異が出たことから、評価実験も運転操作を伴った条件で行い、結果に差異があるかの確認が必要と考えている。

発話の分析であるが、「カーブ」や「標識」の発言回数が多かったことが判明した程度であった。2回目以降についても同様に分析を試みたが、何らかの傾向や特徴を読み取ることはできなかった。この理由についてはまだ検証が必要だが、カーブ区間という限られた状況の実験であったため、発言内容に多様性が無かったことが原因ではと考えている。よって直線道路、交差点、雨天、降雪、昼間夜間など、様々な状況での実験を重ね、発言データを集めることができれば、運転状況とドライバーの思考の相関を図示できる可能性もあると思われる。

6. まとめ

1回目の実験では低評価であった路面標示が3回目には高評価になるなど、設置状況の変化によっては、同一の道路附属物であっても評価が変化し得ることが確認された。被験者の意見を踏まえた修正であっても、再度、被験者に評価してもらうことの重要性が示されたわけであり、評価と改善を繰り返し行うユーザビリティテストの手法に合致するものである。

また、多人数の被験者を対象とした定量調査では、何名のうち何割がこの選択肢を選んだかを数値で知ることができるが、選択した理由を各自にインタビューするには膨大な時間と手間がかかる。

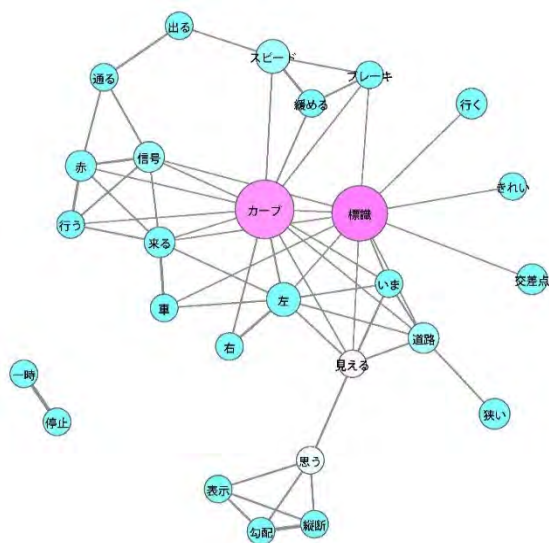


図-9 共起ネットワーク分析 (1回目実験)

よって理由の分析は調査員の推定によってなされるが、被験者の意図を正確にくみ取れるとは限らないため、思い違いする可能性が常にある。ユーザビリティテストでは、被験者が少ないことで一人一人に意識調査を行うことができ、ニーズを正確に反映した改善を目指すことができる。

また被験者を少数に抑えられるユーザビリティテストは、費用対効果の高さも特長となっているが、加えて本実験のような道路附属物配置の修正作業を要する評価実験についても、実物ではなくCGを用いた簡易なシミュレータで対応可能であるのなら、尚のこと経済的に実施できると考えられる。将来的に安価かつ簡易な手法を確立することで、高齢運転者にとって望ましい道路附属物配置の対策に貢献でき、更には実験データを蓄積させられれば、マニュアル作成にも繋げられると考えている。

なお、試作品の問題点の発見は少人数でも可能であるが、具体的な対策の決定には慎重になる必要がある。今回のカーブ区間のテストにおいて、路面標示とシェブロンを組み合わせたところまで、被験者から問題点の指摘がなかったことから望ましい道路附属物の配置としたが、具体的にどの位置に何基設置するかまでは意見徴収していない。なぜなら、5人前後の回答では少数意見の可能性を排除できず、統計的な確かさを保証できないためである。

本実験では、高齢運転者がカーブを支障なく運転できる道路附属物配置の評価法を検討し、CGを用いる手法については一定の有効性を確認できたと考えている。ひきつづき、高齢運転者を対象とした道路附属物配置の評価方法について、ユーザビリティテストとの親和性および本手法の有効性の検討を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 高田哲哉：高齢運転者を対象とした道路附属物配置実験—製品開発の改善点抽出手法を用いて—、第60回北海道開発技術研究発表会、2017
- 2) 警察庁：運転免許統計 (平成 28 年度版)
https://www.npa.go.jp/toukei/menkyo/pdf/h28_main.pdf
- 3) 社団法人日本自動車連盟：「高齢社会を見据えた上でのインフラ整備のあり方」に関する提言、2010.3
<http://www.jaf.or.jp/profile/report/teigen/2010/02.htm>
- 4) 株式会社イード：U-Site、ニールセン博士の Alertbox 「5 人のユーザーでテストすれば十分な理由」、2000
<https://u-site.jp/alertbox/20000319>
- 5) 樽本徹也：ユーザビリティエンジニアリング(第 2 版)—ユーザーエクスペリエンスのための調査、設計、評価手法—、オーム社、2014