

## 視線情報の可視化・共有による感性インタラクション支援

藤本 武司† 砂山 渡† 山口 智浩‡ 谷内田 正彦†

† 大阪大学大学院基礎工学研究科  
〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3  
‡ 奈良高等工業専門学校  
〒639-1080 奈良県大和郡山市矢田町 22

E-mail: † fujimoto@yachi-lab.sys.es.osaka-u.ac.jp  
‡ yamaguch@info.nara-k.ac.jp

**あらまし** 人間個人が持つ暗黙的な感性を他者と共有するためには、何らかの明示的な情報に変換する必要がある。本研究では人間の感性情報として、最も扱われる情報量が多く、個性が反映されやすい視覚に注目する。通常、人間が知覚困難である自己および他者の視線行動を可視化・共有できる仮想空間を構築することにより、感性創発（着眼点を見出す能力や知識の獲得）を実現し、作業支援を行うことを目標としている。本稿では、計測された視線情報から形式的な処理により注視点を自動抽出する方法と、抽出された注視点の可視化・共有によるユーザ間インタラクションの支援について述べる。

## Kansei Interaction Support by Visualized and Shared Gaze Information

Takeshi Fujimoto †, Wataru Sunayama †, Tomohiro Yamaguchi ‡, Masahiko Yachida †

† Graduate School of Engineering Science, Osaka University  
1-3 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka, 560-8531, Japan  
‡ Nara National College of Technology  
22 Yata, Yamato-Koriyama, Nara, 639-1080, Japan

E-mail: † fujimoto@yachi-lab.sys.es.osaka-u.ac.jp  
‡ yamaguch@info.nara-k.ac.jp

**Abstract** In order to share unclear personal Kansei information with others, we need to transform it into cleared one. Our research group focuses on gaze information that will be naturally reflected human actions and intentions. Generally, it is very difficult for us to feel other people's gaze lines. Therefore, we constructed VR space, where some users can work in together and their gaze lines are visualized coincidentally. By using visualized and shared gaze lines, we expected to promote human-human interaction more closely. In this paper, we propose a method to extract people's gaze points from gaze line history, and verify that this method is useful for their interaction.

## 1 はじめに

我々人間は、他者の行動や思考を共有することにより、新たな視点からモノの見方や考え方を身に付けることができる。しかしながら、各自が暗黙的かつ個別に持つ感性を他者と共有し、インタラクションを行うためには、通常、感性情報を何らかの明示的な情報に変換する必要がある。この明示的情報には会話や文字といったバーバル情報や、意識的なジェスチャ等が多く用いられるが、これらは、感性という氷山の中で水面上に現れたほんの一角が明示化されたに過ぎない。より密接なユーザ間インタラクションを実現するためには、ノンバーバル情報や無意識動作等の水面下に隠れた部分、つまり各自が環境から感じとった感覚を何らかの形で直接他者へ伝達できることが望ましい。

そこで、人間の感覚器官の中でも最も扱う情報量の多い視覚に注目し、普段見えない人間の視線行動を可視化・共有しながら感性インタラクションを実現する「ミラーエージェントシステム」を提案した。ここで言う感性インタラクションとは、着眼点を見出す能力や知識獲得を意味する。このシステムを利用することで、あるシーンを眺めている複数ユーザの視線を、ネットワークを介して同期可視化・共有しながら協調して知的作業を進めることができる。

以降、研究背景（2章）、システム概要（3章）、注視点可視化による感性インタラクション実験（4章）と順に述べ、最後にまとめと課題（5章）を述べる。

## 2 研究背景

これまでユーザとコンピュータとのインタラクションを支援する多くのインタフェースエージェントの研究が行われている。これらエージェントはユーザ操作や状況に応じた情報の提示、ユーザの好みによる情報の提示などを行っている[1]。しかしながら、その多くはユーザ間インタラクションではなく、ユーザとエージェントとの1対1のインタフェース機能に限定されている。ところが近年、エージェントを用いてユーザ間インタラクションを目的とする研究が行われている。例えば、CoMeMo System は知識を入力したエージェント同士が画像・テキストを使って会話をし、それをユーザが観察することにより互いの理解を深め、新しい発想の獲得を支援している[2]。これらの研究は、テキスト情報を中心として画像・音声等既存のメディアを用いてユーザの知識を可視化し、ユーザ間で知識を共有し、新たな発想を生み出す支援を行っている。

しかしながら、エージェントを用いて発想支援を実現するには、エージェントに自らの知識を与えねばならず、ユーザ自身が認知している知識のみしか扱うことができない。そこで我々が提案するミラーエージェントシステム[3]では、ユーザ間インタラクションを支援する知識として、普段認知しない知識である「視線」に注目した。視線の間接的な共有を実現した先行研究[4]もあるが、視線を非明示的な情報として扱っており、知識の明示化を支援しているとはいえない。そこでミラーエージェントシステムでは、視線の明示的な情報への変換によりユーザの持つ知識を明示化し、ユーザ間での知識共有を可能とする感性インタラクション環境を構築することを目指している。

ミラーエージェントシステムは、短期的にはユーザ行動の可視化を行う反射的エージェントで、長期的にはユーザ行動をパーソナライズしていく適応的エージェントである。ユーザはあるシーンを眺めている際の視線行動を、ミラーエージェントを介して入力する。ミラーエージェントはこの行動履歴を記録すると共に、他ユーザの履歴と合わせて可視化呈示する。これにより、ユーザは普段知覚することができない他ユーザとの視線行動の共通点や相違点に気づき、ユーザ間インタラクションの増幅となり、協調作業等において効果を上げることができると分かった。

このシステムを用い視線行動の履歴（以下、視線履歴と呼ぶ）を可視化することで、ユーザが行う行為の「結果」だけでなく、結果に至るまでの「過程」をも容易に再現することが可能となった。しかしながら、①質の問題：単純に可視化された視線履歴を見ただけで他者の意図を読み取ることは非常に困難である、②量の問題：時系列的に可視化される履歴量が増大するため視野が遮られる、といったインタラクション支援には深刻な問題も生じた。

これらの問題を注視点の抽出により解決し、ユーザ間インタラクション支援を実現する視線可視化・共有システムについて次節に述べる。

## 3 システム構成

本章ではユーザ間インタラクション支援のための視線計測・可視化・共有環境について述べる。

システムの全体構成を図1に示す。このシステムを利用することでユーザが作業を行っている際の視線を計測し、サーバを介して他ユーザとその視線を共有することができる。システムは大きく「視線情報計測」・

「視線情報可視化」・「潜在意識抽出」・「インタラクション管理」の4処理から成る。以降、これらの処理を順に述べる。

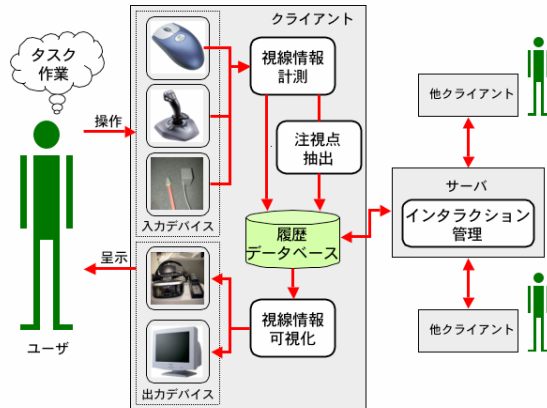


図1 システム全体構成

### 3.1 視線情報計測

視線情報計測部ではユーザの視線行動を常に監視・計測する処理を行う。本システムでは、アイカメラ等の実視線計測装置は使用しない。その代わりにユーザに呈示される視野をユーザ自らが操作し、計算機上に構築した仮想空間シーン内を自由に移動する行為を擬似的に視線行動と近似する。また、この時の視野中心の移動軌跡を視線履歴と定義する。この呈示される視野を移動操作する（視線を入力する）装置には、①マウスによる操作、②ジョイスティックによる操作、③頭部姿勢による操作（磁気トラッカによる頭部姿勢計測）、を選択する。計測された視線情報はそのまま履歴データベースに蓄積されるか、あるいは注視点抽出が行われる。

### 3.2 視線情報可視化

視線情報可視化部では、ユーザに対し自己および他ユーザの視線行動を可視化呈示する処理を行う。履歴データベースに蓄積された自己および他ユーザの視線情報を可視化し、ユーザへ呈示出力する。視野の出力装置には①モニタ出力、②HMD出力、を選択する。ユーザは可視化呈示された自己および他ユーザの視線履歴を知覚することで、以降の行為に生かすことができる。

図2に入力装置に磁気トラッカを、出力装置にHMDを選択したユーザを示す。またこの時、HMD内部でユーザが眺めている視野を図3に示す。この視野を

見ながらユーザは操作する。



図2 視線入力・出力装置の装着



図3 ユーザが操作する視野

### 3.3 注視点抽出

前述した通り、視線履歴を可視化しただけでは、質の問題・量の問題によりユーザ間インタラクションを促進するどころか、阻害する原因とも成りかねない。そこで、視線履歴を加工し注視点の抽出を行う。

ユーザが他ユーザの視線行動を知覚する際、「どの部分にどれほど興味を持って眺めていたか」という情報を得ることができれば、最も直感的に相手を理解できる。この情報を注視点として視線履歴から自動抽出する方法を提案する[5]。以下、関連ルールにより視線履歴から注視点を自動抽出し、パルツェン窓関数によりその注視点付近の注目度を算出する方法について述べ、抽出精度に関する評価を行う。

#### 3.3.1 関連ルールによる注視点抽出

本研究での注視点とは、ユーザ自ら教示した注視点（以下、教示注視点と略す）と共通の規則性を持つ計測点とする。注視点を自動抽出するため、教示注視点を含む視線履歴からユーザの注視行動の規則性を関連ルールによって導き出す。以下3つのステップからなり、順に説明する。

## 視線履歴の区間分割

本研究での視線履歴とは、共有空間の座標値（位置情報）と、計測された時刻（時間情報）を持った計測点列間を直線で結んだものとする。

この視線履歴からユーザの注視行動に共通して現れる規則性を相関ルールとして導き出す。相関ルール生成には **Apriori** アルゴリズム[6]を適用する。このアルゴリズムには入力としてトランザクション形式のデータ（transaction ID = TID と略す）からなるデータベースを用意する必要がある。そこで、視線履歴をある一定時間 T の大きさで小区間に分割し、ひとつの TID とする。正確に大きさ T の区間を切り出せない場合には、隣接計測点から線形補間により調整する。この区間切り出しにはユーザの教示注視点を基点とする。

## 属性値の算出と離散化

分割された各区間から、その区間の視線の挙動を表す属性値を算出し、有限個に離散化を行う。

まず、分割区間から属性値を算出する方法について述べる。属性にはその区間内での挙動の特徴を表す説明属性と、区間の所属クラスを表す分類属性がある。説明属性は、計測点の位置情報・時間情報を用いて算出される直線度、速度、加速度、密度等 8 属性である。算出される属性値により区間の挙動を数量的に評価できる。分類属性は、その区間が基点として用いた教示注視点を含むか否かを判定する論理属性である。教示注視点を含む区間であれば **attention**、そうでなければ **other** のクラスとする。全ての区間から説明属性・分類属性を算出する。

次に属性の離散化方法について述べる。算出された説明属性値は連続値である。相関ルール生成に必要なデータベースは、属性値が全て離散ラベル化されたものでなければならないため、離散化を行う必要がある。しかしながら、幾つに離散化すればよいか、どういう離散化幅にすればよいか不明である。そこで総当たりに各属性の離散化数 N を 2～5 の間で変化させ、出力されたルールの評価値が最大となる離散化数を最適であるとする。離散化は、昇順整列した属性値を、N 等分することによって行い、属性 X の離散区分 i に属する値を  $X(i)$  と表記する。表 1 に離散化データベースの例を示す。

表 1 離散化データベース

TID	直線度	速度	加速度	...	クラス
区間1	R(3)	V(2)	A(2)	...	other
区間2	R(2)	V(3)	A(1)	...	other
区間3	R(3)	V(3)	A(1)	...	attention
...	...	...	...	...	...
区間n-1	R(1)	V(1)	A(2)	...	attention
区間n	R(4)	V(1)	A(1)	...	other

## 相関ルールの生成と注視点の自動抽出

相関ルールにより、離散化データベースから **attention** クラスの TID に共通して現れる属性・属性値間の規則性を生成する。相関ルール生成には **Apriori** アルゴリズムを用いる。ルールを出力する際の制約条件を示す。

条件部は説明属性からなるアイテムのみを含む  
結論部は分類属性からなるアイテムのみを含む

今回の場合、注視点抽出に特化した相関ルールを対象とするため、結論部が **attention** であるルールのみを出力することになる。例えば以下のような注視状態を表す相関ルールが出力されたとする。

IF{ A(1) and ( R(4) or V(2) ) }, THEN{ attention }  
[conf%, sup%]

この相関ルールは、「条件部を満たす TID の conf% は注視点 (**attention**) を導く」、「結論部が **attention** である TID の sup% は条件部を満たす」と解釈する。

生成された相関ルールの評価値として、conf と sup の和 conf+sup を採用する。この評価値が最大となる際の離散化数および相関ルールを用いて注視点抽出を行う。システム利用中に得られる視線履歴の各計測点に対し実時間でルール判定を行うことで、注視点が出力される。視線履歴（図 4）から抽出された注視点の分布を図 5 に示す。

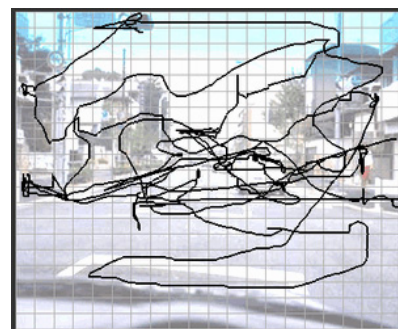


図 4 視線履歴

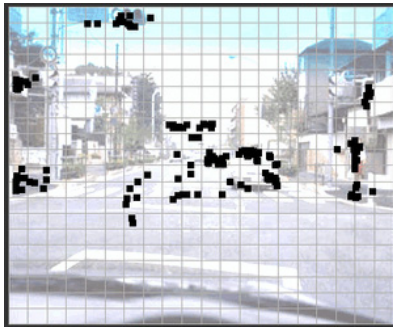


図5 注視点分布

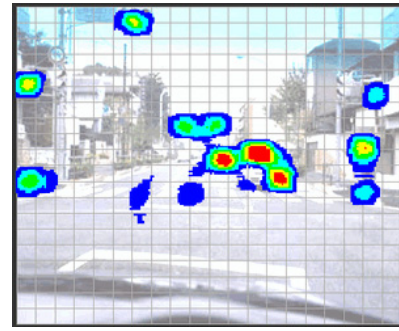


図6 注目度を付加した注視点の可視化

### 3.3.2 パルツェン窓関数による注目度算出

抽出した注視点に対し、ユーザがどれほどその付近に興味を持って眺めていたのか算出する。この「どれほど注目していたのか」という尺度を注目度と呼ぶ。まず、注視点と注目度に関する仮定を置く。

注視点に密に存在するならば、  
その付近はユーザの注目度が高い

注目度は、抽出した注視点の密集程度であり、パルツェン窓関数[7]を適用することによって算出する。ここで  $n$  個の注視点抽出されたとする。第  $i$  番目の注視点の座標を  $(x_i, y_i)$  とすると、式 (1) ~ (4) によって共有空間座標  $(X, Y)$  における注視点密度  $p_n(X, Y)$  が得られる。

$$p_n(X, Y) = \frac{1}{nR} \sum_{i=1}^n \text{count}(X, Y, x_i, y_i) \quad (1)$$

$$\text{count}(X, Y, x_i, y_i) = \varphi\left(\frac{X - x_i}{\text{window\_width}}\right) \times \varphi\left(\frac{Y - y_i}{\text{window\_height}}\right) \quad (2)$$

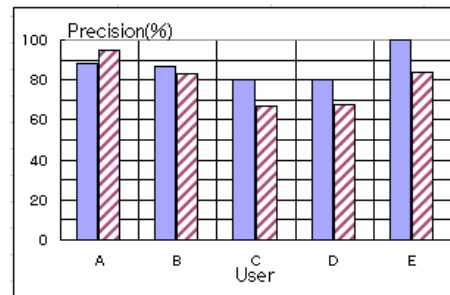
$$R = (\text{window\_width}) \times (\text{window\_height}) \quad (3)$$

$$\varphi(u) = \begin{cases} 1: & |u| \leq 0.5 \\ 0: & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

これらの式は、共有空間上の座標  $(X, Y)$  を中心とする窓領域  $R$  ( $\text{window\_width} \times \text{window\_height}$ ) に含まれる注視点の数を計算している。更に、算出された注目度を5段階で可視化する。図6に図5の注視点分布から注目度を算出した際の可視化例を示す。

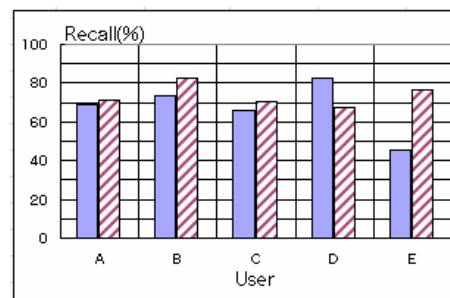
### 3.3.3 注視点の抽出評価

以上の手法を用いて相関ルールから自動抽出される注視点と、ユーザの真の注視点との関係性を評価した。呈示された視野を操作する視線入力デバイスとして、マウスと磁気トラックを使用した際の評価を行った。ユーザ5人の信頼性 (precision) と再現性 (recall) を算出した。信頼性・再現性の結果を図7に示す。左がマウスによる操作、右が磁気トラックによる操作の値を示す。



平均値 (標準偏差) : マウス 87.1(7.2) 磁気 79.3(10.7)

図7-1 注視点の信頼性



平均値 (標準偏差) : マウス 67.2(12.1) 磁気 73.8(12.0)

図7-2 注視点の再現性

図7 注視点の抽出評価

図7から、ユーザ間・操作デバイス間で個人差が存在するものの、マウス・磁気トラック共に平均して基準としている70%付近の値が得られていることが確



認できた（これまでの研究により、およそ70%がルールベースの限界点であることを確認している）。しかしながら、ユーザの多様な動きにルール学習が対応できず、信頼性は高いが再現性の低い相関ルールが多数出力される例も見られた（ユーザ E のマウス）。また、磁気トラックはマウスと比較して細かな移動操作が困難であり、「微妙な位置合わせの動き」を「注視点」として誤抽出され易いことが確認された。

### 3.4 インタラクション管理

インタラクション管理では、他ユーザと視線情報の共有を行うための処理を行う。クライアントから逐次送信されてくる視線情報を他クライアントへ再送信する。また、クライアントの新規接続、解除等のネットワーク管理を行う。

## 4 注視点からの危険予知スキル獲得実験

抽出された注視点を可視化・共有することで、ユーザ間インタラクションが促進されることを実験により検証する。実験の題材として危険予知トレーニングを選ぶ。危険予知トレーニングは、何らかの作業に先立ち、「何か変だな」・「何かおかしいな」といった危険に関する感受性を高め、「うっかり・ぼんやり」といった不注意を軽減することを目的としている。

今回の実験では自動車運転時における危険予知トレーニングを行う。注視点を可視化・共有することで、初心者（危険予知スキルの劣るユーザ）が熟練者（危険予知スキルの優れたユーザ）のスキルを獲得することができるかどうかを検証する。

### 4.1 注視点からの危険予知スキル判定

各ユーザの危険予知スキルを自動抽出された注視点の分布から判定する。事前に実験に使用するシーン内の危険箇所を全てリストアップしておき、抽出された注視点とのマッチングによってユーザに得点（危険1箇所につき1点）を与える。獲得した得点の高いユーザほど、危険予知に対する高いスキルを有する。実験に使用した図9のシーンに対して設定した危険箇所リスト例を図8に、危険箇所（四角枠）とある被験者の注視点との対応例を図9に示す。このシーンに対して被験者に与えたインストラクションは以下の通りである。

インストラクション：あなたは片側1車線の初めて通

る道を走っています。写真は運転席から見たもので、住宅街にある見通しの悪いカーブに差し掛かりました。この時、あなたは何に注意して運転しますか？

**危険箇所リスト**

- 右側の歩行者
- 路地から出る車
- 横断歩道の道路標示
- 急カーブの先
- 左側の歩道
- .....
- .....
- .....

計: × × 点

図8 危険箇所リスト

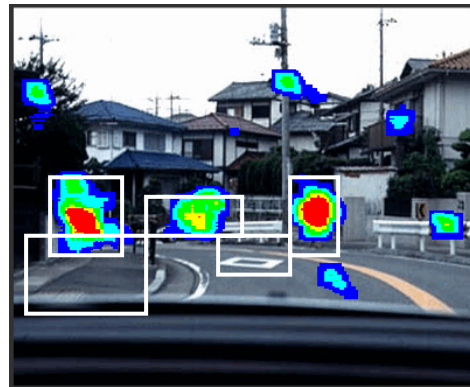


図9 危険箇所と被験者の注視点の対応

### 4.2 実験手順

システムを使用した危険予知トレーニング実験を前半（トレーニングⅠ：6シーン、危険50箇所、50点満点）と後半（トレーニングⅡ：6シーン、危険50箇所、50点満点）の2回に分けて行う。被験者は、免許を持たない低スキルユーザ12人を対象とした。以下に示す3段階の手順で実験を行った。

#### STEP1：トレーニングⅠ

まず、トレーニングⅠを行い、抽出された注視点から各被験者に得点を与える。その結果から同程度のレベルになるように被験者を6人毎の2グループ（グループA・グループB）に分ける。

#### STEP2：教師学習

事前にトレーニングⅠを行った熟練運転者である高スキルユーザを教師として、彼の注視点をグループAの被験者に対し可視化呈示する。グループAの被験者は教師の可視化された注視点を知覚することで、自己の注視点との共通点・相違点に気づき、自分に足りないものは何か考え、何らかのスキルを獲得すると予想

される。グループ B の被験者に対しては、学習効果を比較するため、このステップは行わない。

### STEP3：トレーニングⅡ

両グループの被験者に対し、トレーニングⅡを行い、再度各被験者に得点を与える。もし、教師学習を行ったグループ A の被験者が、何らかのスキルを獲得しているならば、グループ B の被験者と比較して大きな得点の伸び、すなわち危険予知スキルの向上が見られるはずである。

## 4.3 実験結果

教師学習を行ったグループと行わなかったグループのトレーニング間の得点変化を表 2 に示す。

表 2 グループ毎の得点の比較

	トレーニングⅠ		トレーニングⅡ		平均 得点伸び
	平均点	標準偏差	平均点	標準偏差	
グループ A (6人) 学習あり	26.3	2.6	34.7	3.3	+8.4
グループ B (6人) 学習なし	26.7	2.2	27.2	2.7	+0.5
教師ユーザ (1人)	43	—	44	—	

表 2 から、教師学習を行ったグループ A は、学習を行わなかったグループ B と比較して、獲得した得点が平均 8 点強向上していることが分かる。これはグループ A の被験者が、呈示された教師データから獲得した危険予知スキルをトレーニングⅡに生かした結果である。教師データを呈示されなかったグループ B はトレーニング間で大きな得点変化が現れなかったことからみても、注視点がユーザ間インタラクションにおけるスキル獲得に有効な媒体となったことを示している。

次に、各ユーザの獲得した得点を図 1 0 (左：前半の得点, 右：後半の得点) に、トレーニング間での得点の変化を図 1 1 に示す。

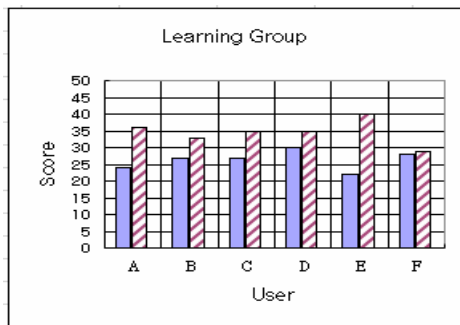


図 1 0-1 学習グループ

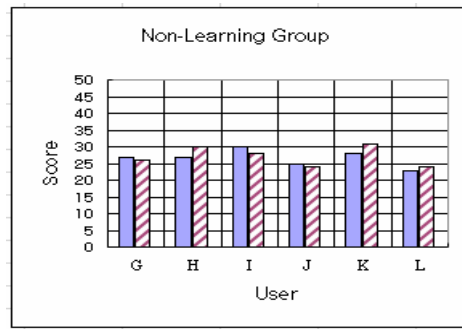


図 1 0-2 非学習グループ

図 1 0 グループ別ユーザの獲得得点

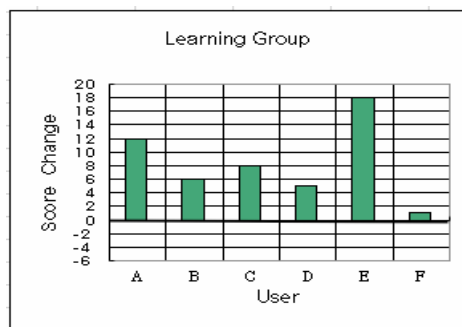


図 1 1-1 学習グループ

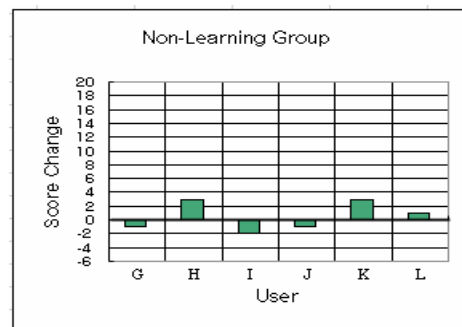


図 1 1-2 非学習グループ

図 1 1 グループ別ユーザの獲得得点変化

教師学習を行ったグループの被験者 6 人全員に得点の向上が見られたのに対し、学習を行わなかったグループは被験者 3 人が向上、3 人が低下という結果であった。つまり実験への「慣れ」はスキル向上に影響しないことが分かる。しかしながら、学習を行ったグループの被験者でも、ユーザ E (18 点向上) のように非常に大きな教師学習の効果が現れたユーザもいれば、ユーザ F (1 点向上) のように学習の効果がほとんど現れないユーザも存在した。システムは、ユーザへ注視点を可視化呈示しただけである。その注視点からユーザが何を感じるか、どういう知識を獲得するかはユーザ自身が持つ事前知識や心理状態に依存し、これが

個人差を生む要因であると予想される。

#### 4.4 注視点によるインタラクション支援

今回行った危険予知トレーニングスキル獲得実験の結果および被験者へのアンケート結果から、注視点の可視化によるユーザ間インタラクション支援について考察を行う。

今回実験により検証したインタラクションは「高スキルユーザ」から「低スキルユーザ」への単方向インタラクションであった。この中で注視点は、低スキルユーザに高スキルユーザとの共通点や相違点を気付かせ、新たな発想を生み出すきっかけを提供する役割を果たしている。

では、教師学習を行った低スキルユーザは教師の注視点を知覚することでどういう発想を生み出したのか。前節の結果およびアンケート調査によりユーザが獲得した危険予知スキルは大きく2つに分けられることが分かった。

スキル① 「直接見えない危険」の存在に敏感でなければならない：巻き込み確認、車の陰、カーブ等進行方向の消失点、路地からの飛び出し、といった直接危険対象を見ることができない将来起こりうる可能性のある箇所にも注意を払う必要がある。

スキル② シーンを広範囲に見渡さなければならない：走行している道路付近だけでなく茂みに隠れた標識、遠くに見えるミラー等、シーンを広範囲に見渡し、細かな危険箇所にも注意を払う必要がある。

これらは普段から自動車を運転している者にとっては当然といえるスキルであるが、運転免許を持たない被験者にとっては自分ひとりで気づくことが困難である。獲得スキルを用いて教師学習後の危険予知トレーニングを行った結果、得点の大きな向上、つまり自らのスキル向上に結び付いたといえる。

この実験から、注視点分布を可視化呈示することにより、ユーザ間で注視スキルの間接的な伝達が行えることが検証された。単に視線履歴を可視化しただけでは、他ユーザがその中の「どこに」、「どれくらい」注目していたのか直感的に理解することは非常に困難である。これに対し、提案した手法で視線履歴から注視点を重み付きで可視化することで、ユーザは共有空間内の範囲を限定して効率良く他ユーザの注視を知覚することができるようになった。つまり、注視点はユーザ間の注視スキルの向上に関するインタラクションを促進する有効な情報であるといえる。

## 5 おわりに

本稿では、ユーザ間インタラクション支援のために、あるシーンを眺めている際の自己および他ユーザの擬似的視線を計測し、同期可視化・共有するシステムを構築した。また、得られた視線から形式的な処理により注視点を抽出する方法を提案した。そしてこの注視点が、ユーザ間インタラクションにおいて有効な情報と成りうることを実験により確認した。しかしながら、今回の実験は「熟練ユーザ」から「初心者ユーザ」へ危険予知スキルを伝達するという単方向インタラクションである。そこで今後、同レベルユーザを対象とした双方向インタラクション、ユーザ個人を対象とした自己インタラクションの実現と評価を行う。

### 参考文献

- [1] 間瀬健二, シドニー・ウェルス, 江谷為之, アルミン・ブルーダリン: “インタフェース・エージェントに関する基礎検討”, 情処研報, HI69-8, pp.55-60 (1996)
- [2] Toyoaki Nishida, Takashi Hirata and Harumi Maeda: “CoMeMo Community: A system for Supporting Community Knowledge Evolution”, In Toru Ishida(Ed.): Community Computing and Support Systems, Springer, Lecture Notes in Computer Science, Vol.1519, pp.183-200 (1998)
- [3] 中村朋章, 藤本武司, 砂山渡, 山口智浩, 谷内田正彦: “インタラクション支援のための視線可視化方法の検討”, 電子情報通信学会パターン認識メディア理解研究会資料, Vol.101, No.568, pp.77-82 (2002)
- [4] Hiroshi Ishi, Minoru Kobayashi: “ClearBoard: A Seamless Medium for Shared Drawing and Conversation with Eye Contact”, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI92), pp.525-532 (1992)
- [5] 藤本武司, 砂山渡, 山口智浩, 谷内田正彦: “相関ルールを用いた視線履歴からの知識発見”, 2002年度人工知能学会全国大会論文集, 3C1-05 (2002)
- [6] 寺邊正大, 片井修, 鷲尾隆, 元田浩: “相関ルールにもとづく属性生成手法”, 人工知能学会誌, Vol.15, No.1, pp.187-197 (2000)
- [7] Richard O. Dura, Peter E. Harr, David G. Stock 共著, 尾上守夫監訳: “パターン識別”, 新技術コミュニケーションズ