

共同作業時のコミュニケーションにおける視線行動の分析 Eye-movement in Joint Activities: An Analysis of Non-verbal Information in a Tourist-information Setting

馬田 一郎 * 伊藤 禎宣 *†‡ 岩澤 昭一郎 *† 鈴木 紀子 *
鳥山 朋二 *† 小暮 潔 * 間瀬 健二 *†‡
*ATR メディア情報科学研究所 †ATR 知能ロボティクス研究所
‡東京農工大学 工学教育部 ‡名古屋大学 情報連携基盤センター

Abstract

Non-verbal behavior including gaze, pointing, nodding is analyzed in a tourist-information setting. Analyses show that non-verbal behavior of each participant has some correlation with his/her partner's, and that interaction can be categorized by the pattern of non-verbal behavior of the participants. These findings contribute to developing ubiquitous technology adaptable to different styles of human interaction.

はじめに

情報提供サービスの場面におけるインタラクションにおいて、非言語行為を共同行為の観点から分析する。

実世界の活動を対象とするユビキタスコンピューティングの分野では、非言語行動としての滞在位置(角(1998), 中西(2001))や視線運動(大野(2002))の分析、ミーティングのような特定環境での定型的行動の検出(Chiu(1999), Cutler(2002))による行動識別や興味対象の推察など、様々な試みがなされてきている。

しかし、コミュニケーションのスタイルや情報収集のための方略は人によって異なるため、円滑な情報提供をおこなうためには顧客それぞれに適した対応をおこなう必要がある。この目標に向けて、我々はこれまでに情報提供場面でのインタラクションをセンサ群を用いて分析してきた。その結果、顧客の非言語行動データからインタラクション行動傾向を分類することが、顧客の興味傾向判別に有効であることを観察した(伊藤(2006))。

インタラクションにおいては、個人の行動は相手の行動にも影響を及ぼすと予測される。本研究では、前述(伊藤(2006))の結果を踏まえつつ、顧客とガイドの間で非言語行為の相関を分析する。先行研究において、コミュニケーションなどの共同行為では、ある情報の理解を主体たちの相互信念とするための、「基盤化」と呼ばれる行為が重要であるとされている(Clark(1996))。しかし、インタラクションの様々なスタイルごとに、この基盤化の方略も異なってくる可能性が考えられる。インタラクションの個々の主体についてだけでなく、主体間の関係という観点から非言語行為を分析することにより、円滑なコミュニケーションを支援するための知見を得ることを本研究の目標とする。同時に、顧客にあまり大掛かりな機器を装着してもらえないような場面を想定し、ガイド側の非言語行為データから

全体のインタラクション傾向を推定するための手掛かりを得ることを目指す。

実験

視線と動作が観測可能な環境で、観光地情報提供をおこなう課題を実施した((伊藤 2006) 参照)。知識量の差を抑えるため、情報を持たない顧客がガイドから説明を受けるといった課題を設定した。情報提供は、案内パネルを前にし、顧客とガイドの対話を通じておこなわれた。

実験課題

観光旅行の計画を立てるための情報収集を実験課題とした。観光を統一カテゴリとしつつ、「グルメ」や「景勝地」などの幅広い雑学的内容を用意することで、被験者の興味に応じた情報収集が可能な状況を設定した。また、背景知識の影響を減らすため、被験者居住地から遠隔の地方を選定した。

実験環境

仮設観光案内所として、350 × 450 cm の範囲に、91 × 60 cm の観光情報パネル 7 枚を並べた実験環境を構築した(図 1 参照)。実験環境入り口付近に観光案内の内容を示すインデックスパネル 1 枚を置き、実験環境外周に沿って、観光ジャンルごとの案内パネル 6 枚を設置した。被験者は、案内パネルの内側を自由に移動することができた。



図 1: 実験状況図

データ記録

身体動作および位置は、モーションキャプチャ装置により計測された。各所に取り付けたマーカは、60Hzの時間分解能と約1mmの空間分解能で記録された。視線方向は、装着型の視線計測装置により、30Hzの時間分解能と約0.15度の分解能で記録された。視線対象位置は、視線計測装置の座標系をモーションキャプチャの世界座標系に変換してもとめられた。モーションキャプチャ装置には、Vicon Peak社製V612が用いられ、視線計測装置には、ナックイメージテクノロジー社製のEMR-8Bが用いられた(図2参照)。



図2: 被験者装着図

被験者

ガイド役の被験者は、司会を専業とする30代女性1人に固定し、事前に案内スクリプトの設計と説明練習をおこなった。これにより、提供する情報の内容や口調の変化を統制しつつ、各顧客に適応したコミュニケーションスタイルを観察するための条件を整えた。顧客役の被験者として、近隣の20歳前後の学生22名(男性12人、女性10人)を募集し、出張先での観光情報を取得するよう教示した。

観測結果の指標化

観測結果から非言語行為を計量する指標として、以下を設定した。

発話: 回数と時間を記録。相槌や応答を含む。被験者ごとにマイク入力のパワーレベルを設定し、記録する。

注視: パネルやインタラクション相手への注視回数および時間を記録。観察結果をもとに、0.5秒以上の眼球運動が5度未満の場合を注視とした。

視線移動: 注視行為間の視線移動回数を記録。

視線誘導: 被験者間のパネル注視に時間的関連がある場合、視線誘導として回数を記録。片方の被験者がパネル内に視線を移し、注視が継続している状態、あるいは注視終了後0.5秒以内にもう一方の被験者がパネル内に視線を移動した場合の回数を記録。

瞬目: 視線計測装置による0.4秒以内の瞳孔径未検出状態を瞬目とし、回数を記録。

うなずき: 世界座標系の地面平面に対して、頭部の前後方向角度が0.3秒以内に5.0度以上変化した状態をうなずきとし、回数を記録。

覗き込み: パネル注視時に頭部とパネル間の距離が1000mm未満になった回数を記録。

指差し: 手指によるパネルへの指示行為の回数を記録。

非言語行動間の相関

これまでに、我々は情報提供場面での興味傾向判別を目標として、顧客の非言語行為データに関して因子分析をおこない、非言語行為のモデルを提案してきた。本研究では、共同行為における主体間の影響という観点から非言語行為を考察する。まず、顧客の非言語行為とガイドの非言語行為の相関について分析する。二者間の主な非言語行為に関して、Spearmanの相関の順位相関計数は以下の表1のとおりである。

顧客からガイドへの注視とガイドから顧客への注視に関しては、回数・時間ともに強い正の相関がみられており、本課題の状況では相手への注視行為が相互的なものであることを示している。一方で、パネルへの共同注視と相手への注視の間には、回数・時間ともに強い負の相関がみられている。共同注視と相手への注視は共に基盤化において重要な役割を果たすものであるが、本課題の状況ではこの二つの行為の両立が難しく、コミュニケーションのスタイルや情報収集方略により取舍選択を迫られる行為であることが伺える。

また、相手への注視回数と自身のうなずきの間にも強い相関がみられるが、これは相手を見ながらうなずくことが多いためと考えられる。相手への注視行動と相手のうなずきの間にも中程度の相関が観察されている。

顧客とガイドの発話に関しては、時間・回数共に有意な相関は観察されなかった。これは、情報をもつガイドが、情報を持たない顧客に対して説明をおこなう、という情報伝達上の非対称性が影響している可能性がある。

また、顧客の発話回数と発話時間の間には非常に強い正の相関がみられるが、ガイドの発話回数と発話時間の間には強い負の相関が観察されている。これは、顧客の発話は返事やその場で思いついた質問といったものであるのに対し、ガイドの発話は主に事前に用意されたスクリプトに沿ったものであり、それゆえに順調なインタラクションでは切目のない流暢な発話となることに起因していると考え

	注視目録(観音→ ガイド)	注視目録(ガイド →観音)	発音目録(観音)	発音目録(ガイ ド)	発音時間(観音)	発音時間(ガイ ド)	注視時間(観音→ ガイド)	注視時間(ガイド →観音)	共同注視時間	うなずき(観音)	うなずき(ガイ ド)
注視目録(観音→ ガイド)	相関係数	1	0.259	-0.439	0.218	0.36	0.923**	0.715**	-0.732**	0.631**	0.453
	自由度(観音)		0.008	0.259	0.069	0.366	0	0.001	0.001	0.006	0.059
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
注視目録(ガイド →観音)	相関係数	0.664**	1	-0.121	-0.645**	-0.207	0.587**	0.655**	0.851**	-0.562**	0.426
	自由度(観音)		0.008	0.633	0.004	0.409	0.01	0.008	0	0.015	0.078
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
発音目録(観音)	相関係数	0.259	-0.121	1	0.243	0.955**	-0.236	0.096	-0.106	-0.187	0.463
	自由度(観音)		0.259	0.633	0.332	0	0.345	0.706	0.675	0.458	0.053
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
発音目録(ガイ ド)	相関係数	-0.439	-0.645**	0.243	1	0.311	-0.546**	-0.42	-0.564**	0.311	-0.201
	自由度(観音)		0.069	0.004	0.332	0	0.21	0.019	0.068	0.015	0.21
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
発音時間(観音)	相関係数	0.218	-0.207	0.311	1	0.383	0.046	-0.135	-0.133	0.332	0.432
	自由度(観音)		0.366	0.409	0	0.21	0	0.655	0.598	0.598	0.073
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
発音時間(ガイ ド)	相関係数	0.36	-0.236	-0.546**	-0.383	1	0.348	0.562**	-0.243	0.208	0.388
	自由度(観音)		0.142	0.01	0.345	0.019	0.117	0	0.157	0.015	0.332
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
注視時間(観音→ ガイド)	相関係数	0.923**	0.655**	0.096	-0.42	0.046	1	0.637**	-0.746**	0.453	0.445
	自由度(観音)		0	0.008	0.706	0.068	0.655	0	0.004	0	0.059
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
注視時間(ガイ ド→観音)	相関係数	0.715**	0.851**	-0.106	-0.564**	-0.135	0.637**	1	-0.635**	-0.470**	0.348
	自由度(観音)		0.001	0	0.675	0.015	0.004	0	0.006	0.049	0.157
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
共同注視時間	相関係数	-0.732**	-0.562**	-0.187	0.311	-0.133	-0.243	-0.746**	1	-0.647**	-0.234
	自由度(観音)		0.001	0.015	0.458	0.21	0.598	0.332	0	0.006	0.004
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
うなずき(観音)	相関係数	0.631**	0.426	0.463	-0.201	0.432	0.208	0.458	0.470**	1	0.315
	自由度(観音)		0.006	0.078	0.053	0.428	0.073	0.418	0.059	0.004	0
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
うなずき(ガイ ド)	相関係数	0.453	0.678**	-0.108	-0.612**	-0.222	0.388	0.445	0.348	-0.234	1
	自由度(観音)		0.059	0.002	0.669	0.007	0.376	0.117	0.064	0.157	0.349
	H	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

** 10%水準、1%水準で有意(両側)。
* 相関は、5%水準で有意(両側)。

表1: 被験者組の非言語行為における Spearman の相関計数

えられる。いいかえれば、顧客とのインタラクションが円滑でない場合に、ガイドの発話が途切れ途切れとなり、結果として発話回数が増えるものの発話時間は減少している、という可能性がある。ガイドから顧客への注視回数について、ガイドの発話時間との間に強い正の相関がみられるにも関わらず、ガイドの発話回数との間には強い負の相関が生じていることも、この仮説を補強している。つまり、ガイドがインタラクションに困難を感じた結果、ガイドから顧客への注視回数も減少している、という可能性がある。加えて、ガイドの発話回数とガイドのうなずきの間にも強い負の相関がみられている。これらの観察結果から、ガイドの発話数が多いことはインタラクション上の困難の表れである可能性が高いと考えられる。

以上のように、主体間の非言語行為を分析結果から、共同行為における非言語行動は、主体間で相互に強く関連していることが伺える。

非言語行動の要因

前節の分析で得られた共同行為における非言語行動の相関に基づき、非言語行為の因子分析をおこなった。因子分析に用いられたデータは、比較的高い相関計数を示した非言語行為のうち、回数データをパネル案内時間長で標準化したものである。因子抽出には主因子法を用い、回転は promax 回転を用いた。その結果、promax 回転後の因子負荷量が絶対値 0.5 以上のものを解釈の対象とし、因子と固有値の減り方からみて、4 因子が適切であると判断した。さらに、得られた 4 因子について、因子 1 を活発性因子、因子 2 を協調性因子、因子 3 を情報取得優先因子、因子 4 を消極性因子と命名した。

活発性因子の特徴は、顧客からの発話・注視・うなずきといった、積極的なインタラクション行為の因子負荷量が高いことである。またガイドからの指差しや顧客のパネル覗き込みの因子負荷も高く、身体動作を伴う明示的な情報提供/収集行為によっても特徴づけられる。顧客の視線移動回数の因子負荷量も高く、顧客の明示的な身体動作を伴う活発なインタラクションを表わしているといえる。この因子は (伊藤 (2006)) で観察された第 1 因子に対応するものと考えられる。

協調性因子の特徴は、ガイドの発話回数の因子負荷量が負の方向に極めて高いことである。前節の分析を踏まえると、ガイドの発話回数が少ないことはインタラクションの円滑さを表わすと考えられる。また、顧客からガイドへの注視、およびガイドから顧客への注視の両方において因子負荷量が高い。さらに、ガイドのうなずきが唯一高い負荷量を示していることから、顧客の協調的な姿勢を表わすものと考えられる。

情報取得優先因子の特徴は、顧客のパネル注視時間の因子負荷量が極めて高いことである。視線誘導回数に関しても、顧客からとガイドからの両方で因子負荷量が高いが、特に顧客からの誘導において顕著に高い。顧客がガイドに先行してパネルの情報を読み取りに行く傾向を表わしている。反面、顧客からの指差しは負の方向に高い負荷量を示しており、観客からガイドへの明示的な働き掛けが少ないことを表わしている。顧客が自分のペースで情報を取得しにいく傾向を表わしているといえる。この因子は、(伊

藤 (2006)) で観察された第 4 因子に対応するものと考えられる。

ガイド主導性因子は、ガイドからパネルへの注視回数・ガイドから顧客への注視回数・ガイドによるパネルへの覗き込みにおいて因子負荷量が高いのが特徴である。また、ガイドの視線移動回数においても因子負荷量が高く、ガイドから顧客への積極的な働き掛けを表わしているといえる。

以上のように、情報収集の場面において情報提供者と情報収集者の非言語行動をあわせて因子分析をおこなうことによって、非言語行動の背景にある 4 つの要因が抽出できた。これらの要因のうち 2 つは、(伊藤 (2006)) で観察された個人の非言語行動の要因に対応するものである。本研究では、インタラクション主体の両方を対象とすることにより、個人のインタラクション方略に関わるものに加えて、さらにインタラクション全体の活発さや主導権に関する要因が観察されている。

まとめ

情報提供場面において、共同行為の観点から、インタラクション主体の両方に関して非言語行為を分析した。分析の結果、情報提供者と情報収集者の非言語行動に相関がみられることを明らかにした。また、両者の非言語行動を主成分分析により分析した結果、インタラクションの観点に立った 4 つの背景要因を抽出した。これらの要因は、個人の非言語行動の背景要因とも関連を示すものである。さらに、今回の分析では、インタラクションの活発さや主導権に関わる要因も抽出された。これらの結果は、円滑なコミュニケーションを支援する上での知見を提供するものと期待される。また、インタラクション主体の一部に関してのみしか詳細データが得られない場合においても、インタラクションの特徴推定をおこなう可能性を示唆するものと考えられる。今後、さらにデータを充実させて分析をおこなうことにより、非言語行動の要因モデルを精緻化していきたい。また、これらの要因により分類された個々のインタラクション事例に関して、実際のインタラクションがどのように構成されているのかを検証していきたい。

謝辞

本研究は情報通信研究機構 (NICT) の研究委託により実施いたしました。また、データ収録に協力していただいた深谷拓吾氏、および分析に際して助言を頂いた須佐見憲史氏に感謝いたします。

参考文献

- Chiu, P., Kapuskar, A., Wilcox, L. (1999). Meeting capture in a media enriched conference room. in *Proceedings of CoBuild '99*, Springer-Verlag LNCS 1670, pp. 79-88.
- Clark, H. H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cutler, R., Rui, Y., Gupta, A., Cadiz, JJ, Tashev, I., He, L., Colburn, A., Zhang, Z., Liu, Z., Silverberg, S. Distributed meetings: a meeting capture and broadcasting system. in *Proceedings of*

	因子1	因子2	因子3	因子4
	活発性因子	協調性因子	情報取得優先因子	ガイド主導性因子
発話回数(顧客)	0.56669836	-0.343817012	0.258986028	0.084001582
発話回数(ガイド)	0.14301563	-0.932292769	-0.107455916	0.188668073
注視回数(顧客->ガイド)	0.52951264	0.627368462	-0.148280829	-0.073747253
注視回数(顧客->パネル)	0.083828873	0.331472215	0.898424068	-0.020746739
注視回数(ガイド->顧客)	-0.128307241	0.676964023	0.089652931	0.600547906
注視回数(ガイド->パネル)	0.109821253	0.027376923	-0.236738317	0.855221133
視線誘導回数(顧客->ガイド)	0.092177339	0.285963441	0.893801564	-0.071454281
視線誘導回数(顧客->パネル)	-0.420548148	-0.2370151	0.558597246	0.259580614
うなずき(顧客)	0.741539972	0.1438567	0.019605553	0.154394892
うなずき(ガイド)	-0.061023418	0.579091541	0.188088457	0.064220728
指差し(顧客)	-0.144357256	0.195906374	-0.610054287	0.293347684
指差し(ガイド)	0.870684991	0.076070163	-0.148971257	0.041483056
覗き込み(顧客)	0.492439337	-0.215436156	-0.029742317	0.262364576
覗き込み(ガイド)	0.174864167	-0.295954458	-0.071433581	0.76269687
注視行為間の視線移動回数(顧客)	0.837893013	-0.161327459	0.383123195	0.032718767
注視行為間の視線移動回数(ガイド)	0.138214491	0.15076953	0.096519675	0.693022876

因子	1	2	3	4
1	1	0.319	0.028	0.273
2	0.319	1	-0.106	0.217
3	0.028	-0.106	1	0.225
4	0.273	0.217	0.225	1

回転法: Kaiser の正規化を伴う promax 法

表 2: 被験者組の非言語行為に関する promax 回転後の因子負荷量および因子間相関

the tenth ACM international conference on Multimedia(MULTIMEDIA2002), ACM Press, pp. 503-512, (2002).

伊藤禎宣, 岩澤昭一郎, 馬田一郎, 烏山朋二, 土川仁, 角康之, 間瀬健二, 小暮潔, 萩田紀博, 片桐恭弘. (2006) 外部観測可能な非言語行動による興味傾向判別の提案. ヒューマンインタフェース学会, vol.8, No.1 掲載予定.

中西泰人, 辻貴孝, 大山実, 箱崎勝也 (2001). Context Aware Messaging Service: 位置情報とスケジュール情報を用いたコミュニケーションシステムの構築および運用実験. 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1847-1857.

大野健彦 (2002). 視線から何がわかるか -視線測定に基づく高次認知処理の解明, 認知科学, Vol. 9, No. 4, pp.565-579.

角康之, 江谷為之, Sidney Fels, Nicolas Simonet, 小林薫, 間瀬健二 (1998). C-MAP: Context-aware な展示ガイドシステムの試作. 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2866-2878.