

リスクシーンにおける協調支援型ドライビングエージェントのためのインタラクションデザイン

Interaction Design for Cooperative Driver-Assistance Agents in Risk Scenarios

藤村 晃太郎^{1*} 磯和 隆道¹ 小林 達也¹ 下田 玲央¹ 岡田 美智男²

Kotaro Fujimura¹, Takamichi Isowa¹, Tatsuya Kobayashi¹, Leo Shimoda¹, Michio Okada²

¹ 本田技術研究所

¹ Honda R & D Co., Ltd.

² 豊橋技術科学大学

² Toyohashi University of Technology

Abstract: 近年、音声ナビゲーションによる運転支援は広く普及しているものの、「事故多発地点です。気を付けて運転してください」や「左車線を走行してください」などの一方的な指示は、ドライバーに煩わしさや過度な介入感を与えることがある。本発表では、2体のドライビングエージェント〈D-Bones〉によるエージェント間の会話をういた新たなリスク報知手法を提案する。さらに、エージェント間の会話的なやり取りが従来型の音声ナビゲーションと比較して、運転支援に伴う強制感や煩わしさをどの程度低減し得るかについて、実車実験を通じて検証した結果と考察を報告する。

1 はじめに

近年、自動車技術の高度化および安全支援技術の進展に伴い、ドライバーに対して危険情報や行動判断を提示する運転支援システムの重要性が高まっている。しかし、ドライバーへの報知そのものが煩わしく感じられる場合には、運転支援システムの受容性が低下し、使用回避や機能の無効化につながる可能性がある。さらに、発せられる報知自体が指示的・権威的に提示される場合、ドライバーにとって心理的負担や煩わしさを生じさせる要因となることが指摘されている [1, 2]。

本研究では、このような運転支援システムに対する強制感や煩わしさを抑制しつつ、ドライバーの主體的な判断を支援する運転支援の在り方として、「協調型運転支援」を提唱する。協調型運転支援とは、システムが運転行動を直接的に指示・制御するのではなく、ドライバー自身の状況理解や判断を支援することで、人とシステムが役割を分担しながら安全運転を実現する支援形態である。

本研究では、協調型運転支援を実現する手段の一つとして、コミュニケーションロボットを用いたドライビングエージェントに着目する。ドライビングエージェントが音声を通じて情報を提示することで、ドライバー

に対して一方的に指示を与えるのではなく、同乗者としての立場から状況理解を補助する役割を担うことができると考えられる [3]。また、このようなエージェントが同乗者として認識されることで、安全意識が向上する「同乗者効果」 [4] も期待されている。

しかしながら、エージェントがドライバー本人に直接話しかける一対一の会話形式では、発話に対する即時的な応答や判断が暗黙的に求められやすく、応答責任や対話的負荷が生じる可能性がある [9]。運転という高い認知負荷を伴う状況においては、こうした対話的負荷が、煩わしさや心理的負担につながる懸念される。

そこで本論文では、2体のドライビングエージェントが相互に会話を行う形式による新たな報知デザインを提案する。本手法では、ドライバーに直接話しかけるのではなく、エージェント同士の会話を通じて事故リスク情報を提示することで、ドライバーが状況を自ら解釈し判断する余地を確保する。これにより、報知に伴う強制感や応答責任を低減しつつ、ドライバーの主體的な運転判断を支援する協調型運転支援を実現することを目指す。

本論文では、まず関連研究を整理した上で、2体のドライビングエージェントを用いた会話型報知手法の設計について述べる。次に、実車を用いた主観評価実験を通じて、提案手法が報知に対する煩わしさ、強制感、および応答責任の知覚に及ぼす影響を検証する。最後

*連絡先: 本田技術研究所 先進技術研究所 知能化安全研究領域
〒107-6238 東京都 港区 赤坂 9-7-1
E-mail: Kotaro.Fujimura@jp.honda

に、得られた結果に基づいて、本手法の有効性および今後の課題について考察する。

2 関連研究

2.1 エージェントを用いた運転支援の研究

近年、人工知能 (AI) 技術やロボティクスの進展により、コミュニケーションロボットの特性を運転支援に応用する研究が数多く報告されている。トヨタの *KIROBO mini* [5] やユカイ工学の *BOCCO emo APIs* [6] などは、車内でドライバーと音声対話を行うことを想定した実装例であり、情報提供や注意喚起を通じて安全運転を支援することを目的としている。また、先行研究 [7] では運転中および運転後の振り返り支援を行うエージェントを提案し、実生活環境における継続使用実験を通じて、エージェントの継続使用により、一時停止交差点における安全確認時間の延伸や急加減速の減少など、運転行動の改善が確認されている。擬人化したロボットを運転支援インターフェースとして用いることで、同乗者効果の喚起や予防安全システムに対する受容性向上が期待できることが示されている。

一方で、リスクシーンにおいては、「減速してください」のような一方的な指示表現は、受け手にとって権威的な言葉として解釈され、強制的な印象を与える可能性が指摘されている [1, 2]。このような言語表現は、受け手の主体性を侵害するものとして受け取られやすく、その結果として煩わしさや不快感といった否定的感情を喚起する可能性がある [8]。こうした報知に対する煩わしさなどの感情は、運転支援システムの受容性を低下させる要因となり、最終的にはシステムの使用回避や無効化につながる恐れがある。さらに、エージェントとの一対一の会話形式は、ユーザに対して発話への応答を求める構造となりやすく、応答責任や対話的負荷を生じさせることが指摘されている [9]。運転という高い認知負荷を伴う状況においては、このような対話的負荷が、ドライバーにとってさらなる煩わしさや心理的負担につながる可能性がある。

2.2 会話における参与フレームと応答責任に関する研究

先行研究 [2] では、ユーザに直接話しかけるのではなく、2体のエージェント同士が会話を行うインタラクティブ形式を採用することで、ユーザに生じる心理的な反発が低減される可能性が示されている。このような会話形式は、エージェントがユーザに直接語りかける形式と比較して、発話に対する即時的な応答や判断を求めにくく、その結果、ユーザに課される応答責任

を軽減すると考えられる [9]。また、これらのエージェント同士の会話形式は、リスクシーンにおける運転支援においてもユーザに対する強制感や応答責任を緩和しつつ、情報を自然に伝達する手法として有効であると考えられる。そこで本研究では、「誰が誰に向けて話しているのか」という会話における参与フレームに着目し、日常運転におけるリスクシーンを再現した実車での実験を通じて、2体のエージェント間の会話を用いた報知手法が、報知に対する煩わしさ、強制感、および応答責任の知覚にどのような変化をもたらすかについて、アンケートを用いた主観評価等により分析し、その有効性について報告する。

3 エージェント間会話を用いた報知機能

本研究では、2体のエージェント間で会話を行う形式によって事故リスク情報を提示する報知手法を提案する。この手法では、ドライバーはエージェントから指示される立場ではなく、エージェント間の会話を傍で聞く立場として情報を受容することが可能となり、報知に対する即時的な応答や注意の集中を強制されない。その結果、報知に伴う強制感および応答責任が低減され、運転支援に対する心理的負担や対話的負荷の軽減が期待される。

運転支援においてエージェントが有効に機能するためには、ドライバーがエージェントを単なる情報提示装置としてではなく、「話しかけてくる存在」あるいは「会話の相手」として認知することが重要である。しかし、従来の車載情報機器やディスプレイ、あるいは静的な人形のような形態では、ドライバーが対象を機械的な存在として捉えやすく、会話相手としての認知を十分に引き出すことは困難である。そのため、ドライバーがエージェントに対して意図や内的状態を帰属させるような志向的な構え [10] を喚起する設計が求められる。志向的な構えとは、人間が目の前の対象を、信念や欲求といった内的状態に基づいて行動する存在として理解しようとする認知的態度を指す。この構えは、対象が外界を知覚しているように見える振る舞いや、呼吸の揺れ、視線移動といった生物的な動きを伴うことで促進されることが知られている。エージェントがドライバーから志向的な構えを引き出すことにより、ドライバーはエージェントを単なる機械ではなく、助手席に同乗する人物に近い存在として認識し、自然なインタラクションが成立しやすくなると考えられる。



図 1: D-Bones



図 2: 実験場鳥瞰図

表 1: 質問項目

質問内容	
Q1	この発話は煩わしいと感じた。
Q2	この発話は強制的と感じた。
Q3	この発話を素直に聞き入れることができた。
Q4	この発話は自分に向けられたものと感じた。
Q5	この発話は運転の妨げになると感じた。
Q6	この発話に納得して運転できた。
Q7	この発話は返事を求めていると感じた。
Q8	今の自分の減速のタイミングはちょうどいいと感じた。
Q9	今の自分の減速の程度はちょうどいいと感じた。
Q10	今の運転は自分の思い通りに運転ができた。

3.1 本研究で用いるプラットフォーム

本研究では、車載向けに作成したロボット「D-Bones」(図 1) をドライビングエージェントとして使用する。D-Bones は頭部と 2 軸のサーボモーターから構成されており、ロボットの視線方向を制御することが可能である。これにより、運転中にエージェントがどの対象に注意を向けているのか、あるいは誰に対して発話しているのかといった情報を、視線行動を通じてドライバーに示すことができる。さらに、ロボットのベース部は 4 つのバネによって支持されており、加減速時の車体の揺れをロボット自身が受動的に共有する構造となっている。この設計により、エージェントが車両の運動と一体化した存在として知覚されやすくなり、ドライバーに対して同乗者としての存在感を与え、これによりドライバーから志向的構えを引き出すことを意図している。

4 実験

本研究では、リスクシーンにおいて、「スピーカでの報知」と「単体のエージェントによる報知」に対し、「2

体のエージェント間の会話を用いた報知」が、音声報知に対する煩わしさを低減する効果を有するかを検証するため、比較実験を実施した。

4.1 仮説

実験では、エージェント間の会話を用いた運転支援に関して、以下の 2 つの仮説を設定した。1 つ目の仮説は、強制感および煩わしさに関するものである。2 体エージェントが相互に会話を行う形式によって減速を促すことで、単一の話者からドライバーへ直接指示が行われる従来の報知手法と比較して、報知に伴う強制感が低減され、それに伴って煩わしさも減少すると考えられる。2 つ目の仮説は、発話の宛名および応答責任に関するものである。2 体エージェントの会話を通じてリスク情報を提示することにより、発話の宛名がドライバー本人ではなくエージェント間になるため、ドライバーは報知に対して応答を求められていると感じにくくなることから、応答責任が低減されると考えられる。

仮説 1: ドライバーに対して話しかけない報知構造を採用することで、報知における強制感が低減され、それに伴い煩わしさも低減する。

仮説 2: ドライバーを発話の宛名としない報知構造を採用することで、ドライバーが感じる応答責任が低減する。

4.2 実験方法

本実験では、テストコースにおいて日常運転時に想定されるリスクシーンを模した走行シナリオを設定し、実験参加者に実車走行を通じて「スピーカ条件」、「単体エージェント条件」、および「2 体エージェント条件」の 3 種類の報知条件を体験してもらった。順序効果を考慮し、これらの条件の提示順は実験参加者ごとにランダム化して実験を実施した。走行中に提示される音声報知に対する主観的印象を評価するため、各条件の走行終了後にアンケート調査を行った。アンケートでは、表 1 に示す煩わしさや強制感などの主観的印象に関する複数の評価項目を設定し、各項目について 7 段階リッカート尺度による回答を求めた。さらに、各条件の体験後には、報知に対する受け止め方や印象を詳細に把握することを目的として、半構造化インタビューによる聞き取り調査を実施した。本実験では、音声報知を通じてリスク源の適切な理解を促すとともに、ドライバー自身による運転行動の判断を支援することを目的とし、言語情報に基づく音声報知を採用した。



図 3: 実験環境図

4.3 実験参加者

実験参加者は、日本語の理解が可能である社員を対象とした。実験実施前に事前アンケートを行い、年齢、性別、および運転経歴について回答を求めた。実験には計 25 名（男性 21 名、女性 4 名、平均年齢 33.8 歳、標準偏差 7.8 歳）が参加した。

4.4 実験環境

実験はクローズドテストコースにて実施し、実験参加者には慣熟走行コースおよび本実験用の走行コースを順に運転してもらった。それぞれの走行コースの概要を図 2 に示す。また、本実験におけるドライビングエージェントの配置位置について、車内から撮影した様子を図 3 に示す。使用した 2 体のエージェントはいずれも、ドライバーの視界を妨げず、かつ同乗者として認識されやすい位置として、助手席前方のダッシュボード上に設置した。単体エージェント条件においては、ドライバーに近い位置に配置したエージェント（青枠）のみを設置し、2 体エージェント条件では 2 体のエージェントを同時に配置した。また、エージェントの音声助手席側から聞こえるよう、スピーカを助手席足元に配置した。

4.5 運転シナリオ

本研究で対象とするリスクシーンの概略図を図 4 に示す。本シーンでは、他車線に複数の駐車車両が存在し、その背後に作業員が位置しているが、ドライバーからは直接目視できない状況を想定している。このような環境では、カーブミラーが設置されていない場合、歩行者側からも接近車両を確認しづらく、また自転車とっても路地や交差点などの特殊な状況ではないため、ドライバーが危険を過小評価しやすい。これらの条件を再現するため、本実験では対向車線の渋滞車両および壁面を用いて、リスクオブジェクト（赤枠）がスタート地点（地点 A）にいるドライバーから視認できない

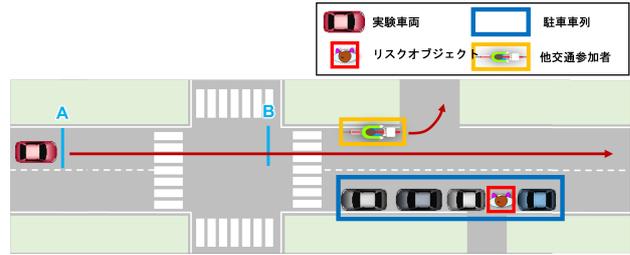


図 4: 実験で用いた運転シナリオ概要図

表 2: 各条件ごとの発話内容

(1) スピーカ条件

スピーカ	「右から飛び出してくるかも しれません。減速して下さい」
------	---------------------------------

(2) 単体エージェント条件

D-Bones A	「右から飛び出してくるかも。 ここは減速だよね」
-----------	-----------------------------

(3) 2 体エージェント条件

D-Bones A	「右から飛び出してくるかも。」
D-Bones B	「そうだね、ここは減速だね」

ように設定した。さらに、ドライバーが実験状況を過度に警戒し、報知を煩わしく感じる可能性を考慮し、運転時の情報量を増加させる目的で、リスクとは直接関係のないダミーの交通参加者（黄色枠）を配置した。これにより、ドライバーの視線や注意が分散される状況を意図的に作り出した。

4.6 報知条件

本実験で用いた報知条件を表 2 に示す。報知内容については、リスクの発生方向を示す語句「右から」と、ドライバーに求める行動を示す語句「減速」を共通要素として設定し、いずれの条件において近い文言構成となるよう音声を作成した。これにより、報知内容そのものの違いが評価に影響を与えないよう配慮した。各条件にて使用した音声について、以下のように設定した。スピーカ条件では、従来の車載ナビゲーション音声を想起させることを目的として、大人の女性の合成音声をを用いた。一方、エージェント条件では、使用するエージェントの外観やキャラクター性に整合するよう、子供の合成音声にて報知音声を作成した。単体エージェント条件においては、発話の宛名がドライバーであることを明示するため、発話時にエージェントが頭部回転動作を用いてドライバー方向へ視線を向ける動作を行うよう設計した。これに対し、2 体エージェント条

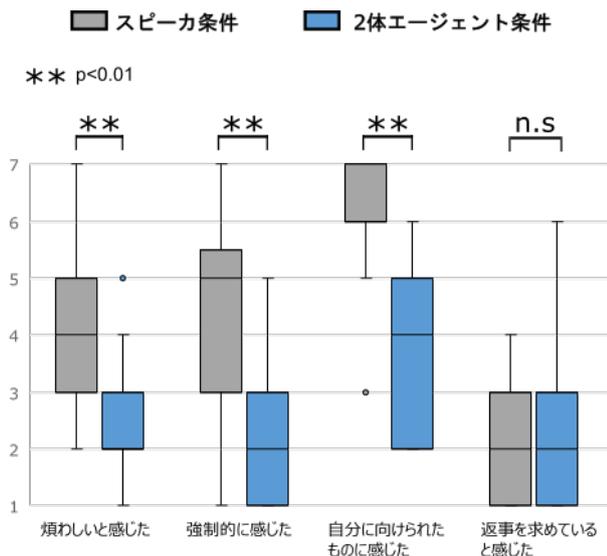


図 5: 実験結果 (スピーカ条件 & 2体エージェント条件)

件では、エージェント間の会話構造を明確にするため、発話時にエージェントがもう一体のエージェント方向へ視線を向ける動作を行うように設計した。これらの動作設計により、発話の宛名の違いがドライバーに知覚されるよう配慮した。

5 実験結果

実験結果として、アンケートによって取得した実験参加者の主観評価について、提案手法である2体のエージェントを用いた比較分析を行った結果を示す。評価項目ごとに、スピーカ条件と2体エージェント条件、および単体エージェント条件と2体エージェント条件の比較を行った。統計的検定にはウィルコクソン符号付順位検定を用いた。

5.1 スピーカ条件と2体エージェント条件

図5に、スピーカ条件および2体エージェント条件の比較において、有意差が確認された質問項目のアンケート結果を示す。2体エージェント条件では、煩わしさに関する評価値がスピーカ条件と比べて有意に低く、報知が心理的負担として知覚されにくい傾向が確認された (**: $p < 0.01$)。また、報知に対する強制感についても、同様に2体エージェント条件の評価値が有意に低かった (**: $p < 0.01$)。さらに、「話しかけられたと感じたか」という項目においても、2体エージェント条件はスピーカ条件より有意に低い評価値を示した (*: $p < 0.05$)。

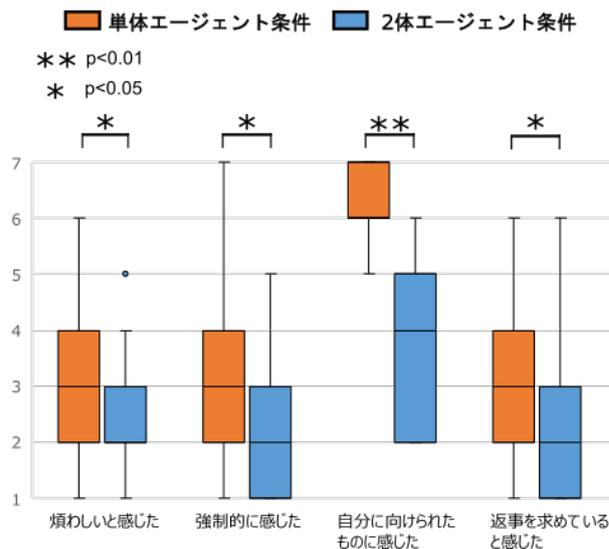


図 6: 実験結果 (単体エージェント条件 & 2体エージェント条件)

5.2 単体エージェント条件と2体エージェント条件

次に、単体エージェント条件と2体エージェント条件の比較結果について述べる。図6に、両条件の比較において、有意差が確認された質問項目のアンケート結果を示す。その結果、煩わしさに関する評価では、2体エージェント条件が単体エージェント条件と比較して有意に低い値を示した (*: $p < 0.05$)。同様に、報知に対する強制感についても、2体エージェント条件の評価値が有意に低かった (*: $p < 0.05$)。加えて、「この発話は返事を求めていると感じたか」という項目では、単体エージェント条件の評価値が2体エージェント条件より有意に高いことが確認された (*: $p < 0.05$)。

6 考察

本実験の結果より、2体エージェント条件は、スピーカ条件および単体エージェント条件と比較して、煩わしさおよび報知に対する強制感が有意に低いことが確認された。特にスピーカ条件との比較においては、いずれの評価項目においてもより厳しい有意水準での有意差 (**: $p < 0.01$) が認められており、従来のナビゲーション音声のような指示的な報知が、ドライバーにとって心理的負担となりやすいことを示唆している。また、煩わしさと報知に対する強制感との関係性を分析した結果、両者の間には中程度の正の相関が確認された (Kendall の順位相関係数: $p < 0.01$, $\tau = 0.56$)。この結果は、先行研究において指摘されている、指示的あるいは権威的な発話が受け手に強制的であると知覚

されやすく、結果として煩わしさや不快感などの否定的な感情を喚起するという知見と整合的であり、本研究における仮説1を支持する結果であると考えられる。

さらに、「話しかけられたと感じたか」という項目において、2体エージェント条件はスピーカ条件および単体エージェント条件よりも低い評価値を示した。また、「この発話は返事を求めていると感じたか」という項目では、単体エージェント条件が2体エージェント条件よりも高い評価値を示した。このことから、単体エージェント条件では、発話主体が身体性を有することで、ドライバーが「返答すべき相手が存在する」と知覚しやすくなり、結果として応答責任が生じた可能性がある。一方で、2体エージェント条件では、ドライバーはエージェント間の会話を第三者的な立場で聞くことができたと考えられ、報知に対する応答を求められる感覚が弱まったものと解釈できる。加えて、実験後の聞き取り調査においては、2体エージェントによる会話型報知に対して「聞き流しやすい」といった意見が複数得られた。これは、2体エージェント条件において、報知がドライバーに対する直接的な行動指示としてではなく、エージェント間で状況を共有する会話として知覚された可能性を示しており、本研究で仮定した仮説2における応答責任の低減が達成されたことを示唆している。

これらのことから、2体間での会話をを用いた報知手法は、報知を一方的な指示として受け取らせるのではなく、自身の判断で情報を取り入れるかを選択するというドライバーの主体的な運転判断を促す協調型運転支援を成立させるための有効なきっかけとなる可能性がある。

7 まとめと今後の展望

本研究では、運転支援機能における報知の煩わしさという課題に着目し、2体エージェントの会話をを用いた音声報知手法を提案した。各手法による強制感や応答責任を確認するために実施した実験では、2体エージェント条件は他の条件に比べ報知に対する煩わしさや強制感、応答責任が低いという結果が得られ、協調型運転支援を実現するための有効なアプローチである可能性が示唆された。

一方で、本実験後の聞き取り調査において、「聞き流しやすい」との評価が得られたことは、2体エージェントによる会話型報知の特徴を示す結果であると同時に、緊急性の高い場面や、運転経験の浅い初心者ドライバーにとっては、かえって認知負荷の増大や判断遅れを招く可能性がある。そのため、リスクの緊急度やドライバーの熟練度に応じて報知形式を適応的に切り替える設計指針の検討が、重要な研究課題である。今

後は、リスクレベルやドライバーの熟練度に応じた報知手法の切り替え条件や提示戦略について検討するとともに、長期使用を想定した評価を通じて、本手法の適用範囲を明らかにしていく必要がある。

参考文献

- [1] 伏木ももこ, 太田和希, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男: ドライビングエージェント〈NAMIDA⁰〉におけるナッジ理論の応用について: ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.22, No.4, pp.443-456, 2020
- [2] R. Kantharaju, D. De Franco, A. Pease, and C. Pelachaud: Is Two Better than One?: Effects of Multiple Agents on User Persuasion. In Proc. of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents. ACM, p.255-262, 2019
- [3] 田中貴紘, 藤掛和広, 吉原佑器, 米川隆, 稲上誠, 青木宏文, 金森等: エージェントによる高齢ドライバの運転行動改善と生体機能の関係: HAIシンポジウム 2018, G-9, 2018
- [4] 今井靖雄, 蓮花一巳: 友人の同乗が運転にあたえる心理的な影響の調査: 交通心理学研究 Vol.32, No.1, pp.18-27, 2016
- [5] トヨタ自動車株式会社: KIROBO mini : <https://global.toyota/jp/detail/19862590>: 閲覧日 2025/12/25
- [6] ユカイ工学株式会社: BOCCO emo APIs : https://www.ux-xu.com/prototype_case/bocco-emo_driversupport: 閲覧日 2025/12/20
- [7] 田中 貴紘, 藤掛 和広: 実生活における運転支援エージェントの運転行動への影響分析: HAIシンポジウム 2021, G-2, 2021
- [8] H. Miller, T. Lane: Psychological Reactance and Promotional Health Messages: The Effects of Controlling Language, Lexical Concreteness, and the Restoration of Freedom, *Human Communication Research*, Vol.33, pp.219-240, 2007
- [9] 吉池佑太, 小嶋宏幸, Ravindra DeSilva, 岡田美智男: Mawari: 参加メタファに基づくソーシャルインタフェースの提案: ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.13, No.1, pp.1-8, 2011
- [10] ダニエル・デネット, 若島正 (訳), 河田学 (訳): 『志向姿勢の哲学-人は人の行動を読めるのか?』: 白揚社, 1996