

非接触計測可能な複数の非言語情報による嘘の自動判別 Automated lie detection by using diverse nonverbal behavior which is measured by noncontact sensors

大本義正[†], 植田一博[‡], 大野健彦^{*}
Yoshimasa Ohmoto, Kazuhiro Ueda, Takehiko Ohno

[†] 京都大学, [‡] 東京大学, ^{*} NTT
Kyoto University, University of Tokyo, NTT Corporation
ohmoto@i.kyoto-u.ac.jp, ueda@gregorio.c.u-tokyo.ac.jp, t.ohno@hco.ntt.co.jp

Abstract

Nonverbal behavior often change interpretations of verbal information. A lie is one of the typical situation of that. The purpose of this study is to experimentally investigate the interpretations of verbal information which is changed by nonverbal behavior through automatic lie detection in communication. For this purpose, we conducted an experiment in such a setting that participants could tell lies spontaneously in communication. The results of the investigation showed that detection accuracy of our method could reach about 70%. In addition, we could improve discrimination ratio by taking account of individual features of participants. Therefore, we suggested the possibility to automatically interpret an intention by using nonverbal cues.

Keywords — Communication, nonverbal information, and lie detection

1. はじめに

我々が日常的に行っているコミュニケーションでは、様々な非言語情報を用いて、無意識に伝達されている情報も多く存在する([10]など)。例えば、ある発話に伴う表情や声のピッチの変化などでニュアンスが変わることは頻繁に観察される。最も極端な例は、皮肉や嘘の看破であろう。このような場合では、言語情報の表す意味が本来の意味と完全に逆転してしまい、単純な文章理解では正しい解釈にはならない。非言語情報の無意識な表出を手がかりに、本来の意図を推測することは、自然なコミュニケーションを行うために不可欠である。

本研究では、コミュニケーションにおいて、無意識に表出される非言語情報によって変化する意味解釈を、自動的に行う方法を実験的に解明することを目的とした。そして、非言語情報に無意識に意図が漏洩する代表的な場面として「嘘」に焦点を当てた。嘘の判別は、脳計測や生理指標([6]など)、音声、表情などの非言語情報([3], [9], [7]など)など、様々なものを利用した研究がなされて

いる。しかし、ほとんどの研究では、決められた質問に対する回答の真偽を判定するという統制された環境での嘘の判別を目的としており、自由度の高いコミュニケーション中の嘘は扱っていない。そのため、コミュニケーション中の嘘を扱う実験環境を新たに設定して実験を行う必要があった。

本研究で扱う「嘘」とは、「だまそうとする意図を持った、事実と異なる言語的陳述」[5]とする。

2. コミュニケーション中の嘘発見の実験

2.1 課題

自発的なコミュニケーション中の嘘を繰り返し観察するために、インディアンポーカーというカードゲームを利用した。このゲームでは、参加者同士のコミュニケーションを通じて自らの持つカードの相対的な強さを推測することが重要である。このコミュニケーションは自発的に行われ、ゲームに勝つために、嘘をついたりつかれたりする。

2.2 実験環境

実験参加者は、図1に示したようなプロンプタを利用した環境でゲームをプレイした。プロンプタは、ハーフミラーと2台のカメラを使用して構成され、参加者同士が、お互いに視線をあわせることができるようになっていた。これにより、非言語情報を非接触で計測するための技術的な制約を満たしつつ、参加者が見ているところ(顔やカード)を直感的に表示でき、ある程度自然なコミュニケーションが可能であった。参加者の発話や行動は統制されず、お互いに自由にインタラクションすることが許された。

先行研究([2]など)を参考に、予備実験のビデオを観察した結果、視線、韻律、表情(作り笑い)、に特徴的な変化が見られたため、これを計測した。計測には、自作の計測システム[8]を利用した。この計測システムでは、上まぶたと下まぶたとおよび口端の変化を $\pm 2\text{mm}$ 程度、視線を ± 2 度程度の精度で計測できる。

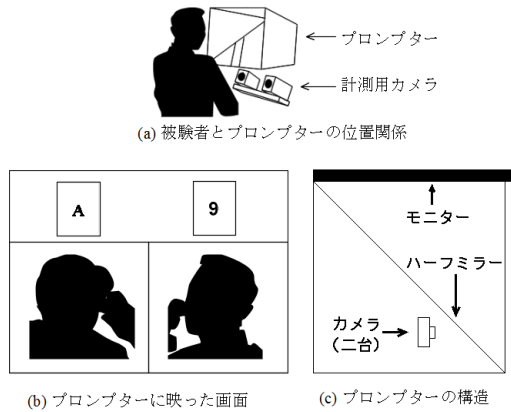


図 1 実験環境

2.3 実験参加者

1回の実験には、互いに知り合いの大学生もしくは大学院生2人と実験者1人の3人が参加した。実験者は、参加者に嘘をつくことへのストレスを与えるために、嘘の判別に慣れた人として参加した。ゲームでは、実験者は通常のプレイヤーのように振る舞った。

参加者は実験後に、一定額の謝礼に加えて、ゲームの点数に依存したボーナスを受け取った。このことは実験前に参加者に知らされていた。

1回の実験では、ゲームを80分程度(平均79.9分, SD=8.28), 平均16.7回(SD=3.88)プレイした。同一の実験参加者の組に対して同様の実験を、1ヶ月程度の間隔を開けて再び行った。

実験参加者は、全部で23組46名(男性13組, 女性10組)であった。

3. 分析と考察

3.1 分析手順

3.1.1 非言語情報のエンコード

分析では、発話を1つの単位とした。発話単位は、発話者が声を発したときから、発話の後で1秒以上休止したときとした。そして、発話単位ごとに、非接触で機械的に計測された視線、韻律、表情(作り笑い)に関する非言語情報を、分析にかける変数にエンコードした(表1)。

視線の変数は、コミュニケーションに有用な情報を持っている対象(ここでは、人の顔とカードおよびそれ以外)をそれぞれ注視している時間をその発話の総時間で割った値を採用した。また、0.2秒以上の停留を「注視」として、注視している対象が発話中に推移した回数と、その数をその発話の総時間で割ったものをそれぞれ変数にした。

表 1 変数一覧

非言語情報	コード	変数
視線 (7個)	G-1	話しかけている人の顔を見ている割合
	G-2	話しかけていない人の顔を見ている割合
	G-3	話しかけている人のカードを見ている割合
	G-4	話しかけていない人のカードを見ている割合
	G-5	顔でもカードでもない場所を見ている割合
	G-6	注視した対象が推移した回数
	G-7	注視した対象が推移した割合
韻律 (6個)	P-(1-3)	声の高さ(前半、後半、変化)
	P-(4-6)	声の大きさ(前半、後半、変化)
表情 (3個)	F-1	目元よりも口元が早く変化した
	F-2	目元が変化していた
	F-3	口元が変化していた

声の高さは、発話を前半と後半に分けた上でそれぞれの基本周波数の平均と、発話の前半の平均と後半の平均の差を計算した。そして、それぞれの値が、各参加者の発話全体における平均から、+1SD以上離れている場合を「1」、-1SD以上離れている場合を「-1」、それ以外を「0」として、3段階に量子化した。このように量子化したのは、個人ごとに異なる声の高さや大きさを正規化するためと、実際に三段階程度の粒度の変動が特徴を良く表現していると考えられたためである。声の大きさも、声の高さと同様に扱った。

表情は、作り笑いを検出するために、目元と口元の変化を利用した[11]など。目元と口元の変化の際に、口元の方が0.2秒以上早く動き始めた場合を1(真)、それ以外はすべて0(偽)として、「目元よりも口元が早く変化した」という変数にした。口元のみが反応したものは1(真)とした。目元や口元は、発話に入る前から変化している時もあるので、これらに関しても真偽値を1と0にエンコードし、「目元が変化していた」「口元が変化していた」という変数にした。

3.1.2 判別分析

発話は、実験者がビデオを観察し、ゲーム中のカードの情報を元に、言語的に事実と異なる部分がある場合にのみ「嘘の発話」に、それ以外を「嘘以外の発話」の2群に分類した。うなり声などの言語情報として意味を捉え難い発話は分析対象から除外した。また、発話内容が、嘘かどうかを判断する必要のないもの(例えば、質問やゲームとは関係ない発話)については、分析から除外した。

そして、非言語情報の変数を利用して、嘘を判別できるかどうか、また、どの変数が有用であるのかを調べるために、表1の変数16個を独立変数とし、発話が嘘であるかどうかを従属変数として、

判別分析を行った。判別関数の計算は総当たりで行い、判別関数に利用された変数と判別率を調べた。その後、18-fold cross validationを行った。

分析対象となった発話は「嘘の発話」が653、「嘘以外の発話」が1561、合計2214発話であった。

3.1.3 人間による判別

実験のビデオを、男女1組ずつ、実験に参加しなかった人に見せ、発話が嘘かどうか判別してもらった。判別対象の発話は、男性39（嘘：18，他：21）、女性41（嘘：13，他：28）だった。判別してもらった人は、a)嘘の判別の訓練をしていない大学生および大学院生11名（男性5名，女性6名）（以下、非訓練者群）、b)職業上の理由で嘘の判別に慣れている社会人5名（男性4名，女性1名）（以下、訓練者群）、の2群であった。訓練者群の職業は、防衛省（1名）、監査法人（2名）、ベンチャーキャピタル（1名）、弁護士（1名，女性）であった。

3.2 結果と考察

3.2.1 発話の種類と内容

分析対象の発話の長さは、単語1語から長い文章まで、様々だった。発話内容も、質問に対する単純な回答から比喩表現を用いたものまで、多くの種類が観察された。このことから、参加者は自発的に、発話の長さや応答のタイミング、内容などを考えていたことが確認された。

また、実験中の嘘をどの程度見破れたのかインタビューしたところ、ほとんどの参加者は5発話以下しか見破れなかったと報告した。このことから、本実験環境で、ある程度巧妙な嘘がつかれていたと考えられる。

以上より、本実験環境では、内容こそゲームに関連した嘘であったものの、コミュニケーション中に嘘をつく方略をある程度一般的に観察できたと考えられる。

3.2.2 人間による判別結果

非訓練者群が発話を判別した結果を表2に示した。また、訓練者群が発話を判別した結果を表3に示した。「判別率（嘘）」の列には、各参加者の嘘を嘘だと正しく判別する判別率（以下、嘘 - 嘘判別率）が、「判別率（嘘以外）」の列には、各参加者の嘘以外の発話を嘘以外の発話だと正しく判別する判別率（以下、嘘以外 - 嘘以外判別率）が示されている。

表2 非訓練者群の判別率

	判別率（嘘）	判別率（他）	平均
参加者a-1	32.3	55.1	43.7
参加者a-2	22.6	59.2	40.9
参加者a-3	32.3	49.0	40.7
参加者a-4	31.1	48.2	39.7
参加者a-5	49.1	44.5	46.8
参加者a-6	48.4	32.7	40.6
参加者a-7	48.4	40.8	44.6
参加者a-8	54.8	24.5	39.7
参加者a-9	48.4	51.0	49.7
参加者a-10	25.8	32.7	29.3
参加者a-11	48.4	49.0	48.7
平均	40.2	43.8	42.0

表3 訓練者群の判別率

	判別率（嘘）	判別率（他）	平均
参加者b-1	38.7	61.2	50.0
参加者b-2	45.2	57.1	51.2
参加者b-3	41.9	67.3	54.6
参加者b-4	54.8	34.7	44.8
参加者b-5	51.6	51.0	51.3
平均	46.4	54.3	50.4

表2を見ると、平均でも、嘘と嘘以外のそれぞれの判別率でも、50%を超えたのは4個だけであった。このことから、非訓練者群はコミュニケーション中の嘘を判別できていないことがわかった。また、表3を見ると、訓練者群であっても判別率は平均で50%程度にとどまっていることがわかる。

非訓練者群と訓練者群とで分散分析を行ったところ、参加者群間の主効果に有意差があり（ $F(1,12)=8.0$, $p=0.015$ ）、訓練者群の方が有意に高かった。このことから、本実験環境の嘘を判別するために、一般的な嘘発見のノウハウが有効であることが示された。従って、本実験環境の嘘を判別する特徴を調べることで、一般的な嘘発見にもある程度貢献することが期待される。一方、先行研究に比べても十分に高い確率で判別できているとは言えない（54% [1]）ため、コミュニケーション中の嘘は判別が難しいことが示唆された。

3.2.3 全体の発話に対する判別分析

すべての実験参加者の発話を標本データとして判別分析し、嘘 - 嘘判別率と嘘以外 - 嘘以外判別率の両方とも判別率が高かったものの上位5個を、表4に示した。「判別関数に採用された変数」の列には、判別関数の変数を表1の記号で示し、符号を括弧内に示した。符号が正のときは、値が大きい方が嘘だと判断されやすい。「判別率」の列には、

嘘 - 嘘判別率 (表中の「嘘」) と嘘以外 - 嘘以外判別率 (表中の「他」) を示してある。「クロスバリデーション」の列には、18-fold cross validation を3回行った平均を示した。

表4 全体の発話に対する判別結果 (%)

判別関数に採用された変数	判別率	クロスバリデーション
G-1(-), G-3(-), G-4(-), G-5(+), G-6(-), P-1(-), P-2(+), P-3(+), P-5(-), F-1(-)	嘘: 65.7 他: 73.4	嘘: 66.9 他: 70.2
G-1(-), G-2(+), G-3(-), G-6(-), P-1(-), P-2(+), P-3(+), F-1(-), F-2(-), F-3(+)	嘘: 65.7 他: 72.6	嘘: 65.2 他: 71.8
G-1(-), G-2(+), G-3(-), G-6(-), P-1(-), P-2(+), P-3(+), P-5(-), P-6(-), F-1(-)	嘘: 65.1 他: 73.2	嘘: 65.4 他: 71.4
G-1(-), G-2(+), G-3(-), G-6(-), P-1(-), P-2(+), P-3(+), F-1(-), F-3(+)	嘘: 65.3 他: 72.3	嘘: 64.5 他: 72.2
G-1(-), G-2(+), G-3(-), G-6(-), P-1(-), P-2(+), P-3(+), P-4(-), P-6(-), F-1(-)	嘘: 65.4 他: 73.3	嘘: 64.5 他: 72.2

表4の結果を見ると、発話全体を平均で70%近く正しく判別しており、クロスバリデーションでも同様の値になっている。一方、3.2.2の結果では、訓練者群であっても50%程度しか判別できていない。従って、非接触計測された複数の非言語情報を利用することで、コミュニケーション中の嘘を判別できることが示唆されたと考えられる。

また、上位の判別関数に採用されている変数から、嘘をついているときの人間の挙動は、「発話相手から目をそらしつつ、有用な情報を持つ対象をあちこち見る」「抑揚が低く平坦になる」「作り笑いをする」というものだと推測される。

3.2.4 個人ごとの発話に対する判別分析

各実験参加者の発話を標本データとして判別分析した結果、すべての参加者において、判別率が70~85%程度まで改善した。このことから、非言語情報の表出は、個人内である程度一貫していると考えられる。一方で、判別関数に採用された変数は、特にG-6およびP-(1-3)の符号や採用するかどうかにおいて、個人ごとに異なっていた。これらのことは、注目すべき非言語情報を個人ごとに学習することでさらに判別率を向上させられることを示唆していると考えられる。

一方、個人ごとの学習を事前に行うことは難しいので、参加者をグループ分けすることを考えた。参加者を積極的な人と消極的な人に分けて判別分析したところ、それぞれにおいて判別率が、平均72%, 74%まで改善した。個人ごとの学習よりも改善率は低いですが、より適切なグループ分けにより、さらに改善することが期待される。

4. 結論

本研究では、コミュニケーション中に自発的に嘘をつく状況を設定し、機械的に計測された複数の非言語情報を利用して、コミュニケーション中の嘘を判別できるのかを、実験的に検討した。その結果、個人ごとの特徴を考慮せずに、70%近く判別できることが示された。また、個人ごとの特徴を考慮すれば、さらに高い確率で判別できた。この結果によって、非言語情報を伴うことで変化する意味解釈の自動化の可能性が示唆された。

もちろん、一般化するには解決すべき問題も多い。例えば、一般的な発話の意図を客観的に観測することは困難である。また、微妙なニュアンスの変化を解釈するには、中間的な状態を表現できる手法で判別する必要がある。他にも考えられるが、本研究の知見は、非言語情報を伴う意味解釈の自動化を実現する一助になると考えられる。

参考文献

- [1] Bond, C., F., Jr., and DePaulo, B., M. (2006) "Accuracy of Deception Judgments." *Personality and Social Psychology Review*, Vol. 10, No. 3, pp. 214-234.
- [2] DePaulo, B.M., Lindsay, J.J., Malone, B.E., Muhlenbruck, L., Charlton, K., and Cooper, H. (2003) "Cues to deception" *Psychological Bulletin*, Vol. 129 No. 1, pp. 74-118.
- [3] Ekman, P. (1985) "Telling Lies: Clues to Deceit in the Marketplace, Politics, and Marriage." W.W. Norton & Company.
- [4] Ekman, P., O'Sullivan, M., and Frank, M. G. (1999) "A few can catch a liar" *Psychological Science*, Vol. 10, pp. 263-266.
- [5] Hopper, R. and Bell, R. A. (1984) "Broadening the deception construct." *Quarterly Journal of Speech*, 70, pp288-302.
- [6] Kozel, F., A., Johnson, K., A., Mu, Q., Grenesko, E., L., Laken, S., J. and George, M., S. (2005) "Detecting Deception Using Functional Magnetic Resonance Imaging" *Biological Psychiatry*, Vol. 58, Issue 8, 15, pp. 605-613.
- [7] Meservy, T. O., Jensen, M., L., Kruse, J., Twitchell, D. P., Tsechpenakis, G., Burgoon, J. K., Metaxas, D. N., and Nunamaker J. F. (2005) "Deception Detection through Automatic, Unobtrusive Analysis of Nonverbal Behavior" *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 20, No. 5, pp 36-43.
- [8] Ohmoto, Y., Ueda, K., and Ohno, T. (2007) "Real-time system for measuring gaze direction and facial features: towards automatic discrimination of lies using diverse nonverbal information" *AI & Society*, Vol. 23, Num. 2, pp 187-200.
- [9] Vrij A., Evans H., Akehurst L. and Mann S. (2004) "Rapid Judgements in Assessing Verbal and Nonverbal Cues: Their Potential for Deception Researchers and Lie Detection." *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 18, pp. 283-296.
- [10] 大坊郁夫 (2001) "対人コミュニケーションの社会性" *対人社会心理学研究*, Vol. 1, PP 1-16.
- [11] 中村亨, 小山謙二 (2000) "自然な笑いを作り笑いにおける表出の時間差の分析" *電子情報通信学会技術研究報告 No. HIP2000-1* pp. 1-8.