

明治大学 総合数理学部
先端メディアサイエンス学科
2016年度 卒業論文

ウェブカメラの顔認識機能による入室実験

菊川 翔平

目次

第1章 はじめに.....	3
1.1 IoT について	3
1.2 IoT の定義について	3
1.3 研究背景	4
第2章 ウェブカメラを使った精度測定実験.....	5
2.1 ウェブカメラの精度測定実験概要	5
2.2 ウェブカメラ Welcome について	6
2.3 ウェブページの作成.....	8
2.4 実験の実施環境について	10
2.5 精度の測定方法について	10
2.6 実験結果.....	11
2.7 まとめ.....	12
第3章 Raspberry Pi を使った顔認識実験	13
3.1 Raspberry Pi を用いた自作ウェブカメラの顔認識実験概要	13
3.2 Raspberry Pi について.....	13
3.3 カメラに映った顔を認識する映像処理プログラム	15
3.4 Raspberry Pi を IoT 機器として扱う.....	15
3.5 まとめ	16

第4章 SNSのアカウントリンク攻撃.....	17
4.1 はじめに.....	17
4.2 研究背景.....	18
4.3 ツイッターとフェイスブックについて.....	18
4.4 実験概要.....	20
4.5 ツイッターから発言を抽出する手法.....	22
4.6 フェイスブックから発言を抽出する手法.....	22
4.7 SNSから抽出した発言の単語ベクトル化.....	23
4.8 コサイン類似度による単語ベクトルの比較.....	23
4.9 実験結果.....	24
4.10 特定に成功した人物の発言例.....	25
4.11 特定に失敗した人物の発言例.....	26
4.12 まとめ.....	27
参考文献.....	28

第1章

はじめに

1.1 IoTについて

2016年はIoT(Internet of Things)元年とも言われている。IoTとはパソコンなどの電子機器に限らず、ありとあらゆるモノをインターネットに接続する事である(図1)。IoTは2017年現在急速に普及しており、2020年にはIoT機器が307億個[1]にまで及ぶと予測されている。

1.2 IoTの定義について

ITU(国際電気通信連合)によれば、IoTとは「情報社会のために、既存もしくは開発中の相互運用可能な情報通信技術により、物理的もしくは仮想的なものを接続し、高度なサービスを実現するグローバルインフラ」[2][3]である。

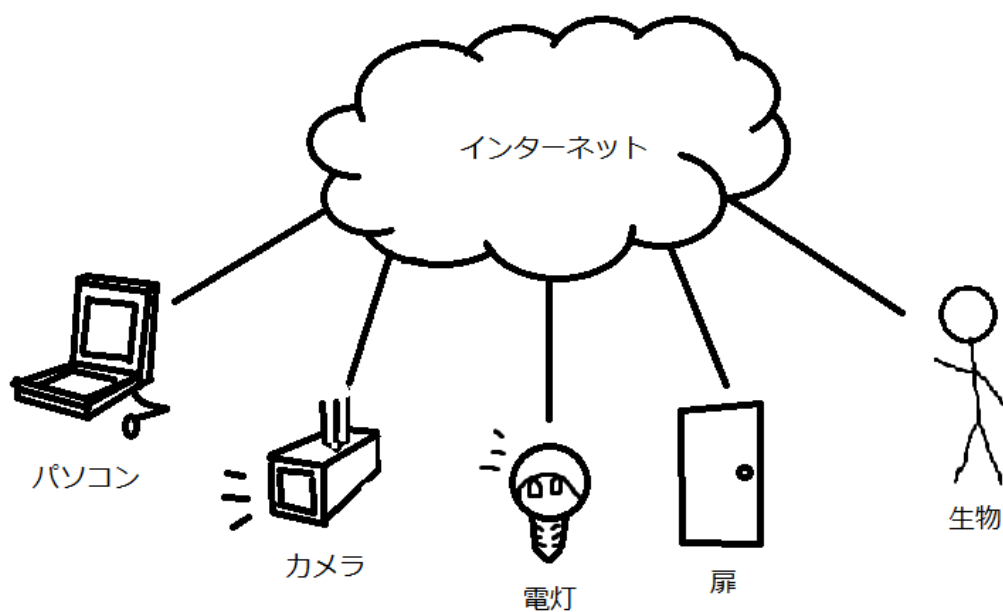


図1 IoTの例

1.3 研究背景

IoTのメリットはモノが持つ情報を、インターネットを介して知ることができるようになることである。IoTにおいては、モノもしくは周囲にセンサーを取り付けることでセンシングを行い、モノが持つ情報として数値化することが多い。例えば、家のドアに設置した顔認識カメラをインターネットに接続すれば、人に応じて自動でドアを開閉するようなことも可能になる。

1.4 研究目的

カメラの顔認識は人の存在を認識する1つの方法として知られている。また、カメラに映る人毎にIoTデバイスの挙動を変える場合、顔の認識だけでなく顔の識別も重要になる。そこで、本研究では認識機能のあるウェブカメラを用いて、様々な環境における認識精度および照合精度を調査する。

1.5 論文の章構成

本論文は、第2章ではウェブカメラの顔認識精度および照合精度を測定する実験について、第3章ではRaspberry Piを用いた自作ウェブカメラと電灯ランプをインターネットで接続する実験について、第4章ではSNSのアカウントリンク攻撃について言及している。

第2章

ウェブカメラを使った 精度測定実験

2.1 ウェブカメラの精度測定実験概要

本実験ではインターネットに接続したウェブカメラ Welcome (Netatmo 社¹) を図2のように研究室の入口に設置し、インターネットを介してカメラから人の顔情報を取得し、遠隔地から入室を確認する。



図2 ウェブカメラ Welcome

¹ <https://www.netatmo.com/ja-JP/site>

2.2 ウェブカメラ Welcome について

Welcome が得た映像などの情報は、インターネットを介して Welcome の販売元である Netatmo 社のサーバー上に保存される。Welcome にはカメラに登録を行った人の顔認識機能が備わっており、図 3 のアプリの例の様に「誰の顔がいつ映ったか」という入室履歴が含まれる。なお、顔の登録を行っていない人がカメラに映った場合は「知らない顔」というラベルで(図 3, 参照)認識される。



図3 Welcome タイムラインアプリの実行例

2.3 ウェブページの作成

保存された情報を参照することができるAPI²が公開されており，本実験ではこれを利用してウェブサイトを作成する(図4)．APIの主な機能を表5³にしめす．Htmlとphpでウェブサイトを作成し，cssでデザインを変更した．ウェブサイトはタイムラインの形をとっており，タイムライン上にはカメラに認識された人および時刻を表示し，認識された時のスナップショットを添えるようにしている．図6に作成したウェブサイトを示す．2016年11月7日に登録者の1名が認証された様子を示している．

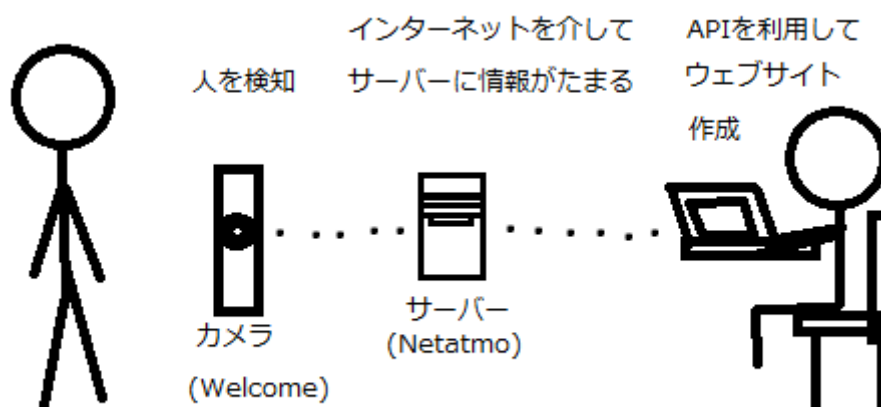


図4 システム構成図

表5 APIの主な機能

利用できるデータ	API利用例
イベント(動体検知, アラーム音検知, 顔認識), イベントのスナップショット, イベントのビデオ, ライブストリーム, カメラについての詳細	リアルタイムでイベントの通知を受ける, イベントの検索, イベントタイムラインの検索, イベントビデオへのアクセス, ライブストリームへのアクセス

² <https://github.com/Netatmo/Netatmo-API-PHP>

³ <https://dev.netatmo.com/dev/resources/technical/reference/cameras>

29 November 22:00:

が見えた



29 November 21:58:

が見えた



29 November 21:57:

図6 ウェブサイトの画面

2.4 顔の認識精度測定実験

2016年7月8日(金)に、明治大学中野キャンパス1005実験室にて、学部生10名により顔認識機能の精度を測定した。環境条件の一覧を表7に示す。「明るい」は部屋の明かりを全て点けている状態、「暗い」は部屋の明かりを全て消している状態である。なお実験は日中、晴れた日に行っている。「1人」、「2人」、「3人」は同時に入室する人数を示している。「無1」は顔登録を済ました人1人と済ましていない人1人の合計2人、「無2」は顔登録を済ましていない人2人のことを示している。「部屋の明るさ」、「顔の向き」、「顔登録」、「同時に入室する人数」4つの条件を組み合わせ、24の異なる状況ごとに同じ部屋への入室を行う。

2.5 精度の測定方法について

カメラの顔認識によって識別された人と、実際に入室した人を比較することで精度を測定する。カメラには一人が入室するたびに1イベントとして記録される。イベント毎ではなく状況毎に比較するため、同時に2人以上入室した場合は複数のイベントを1つの状況として統合することになる。例えば2人同時に入室した場合は2イベントとして別々に記録されるが、比較する際は2つ合わせて評価することになる。なお、状況を明確に区別するために、1回の入室から次の入室までに1分の間隔を設ける。

表7 精度測定実験の状況表

部屋の明るさ		明るい				暗い			
		正面		横顔		正面		横顔	
顔の向き		済	無	済	無	済	無	済	無
1人		状況1	状況2	状況3	状況4	状況5	状況6	状況7	状況8
2人	無1	状況9	状況10	状況12	状況13	状況15	状況16	状況18	状況19
	無2		状況11		状況14		状況17		状況20
3人		状況21	-	状況21	-	状況23	-	状況24	-

2.6 実験結果

精度測定実験の結果を表8に示す。結果から次のことが推測できる。(1), 同時に映る「人数」は3人までなら関係ない。(2), 「部屋の明るさ」は精度に依存しない。(3), 「顔の向き」が横顔だと顔認識に失敗する。(4), 「顔が登録済みかどうか」は顔を認識するうえでは関係ない。(5), 「顔が登録済みか」によらず認識された顔の照合は確実に成功する。

2.7 Welcome の顔認識精度

顔が正面を向いている場合の認識率(正面の成功率の平均)は50%, 横を向いている場合(横顔の成功率の平均)は0%の確率で顔を認識する。すなわち, 平均認識率(正面認識率と横顔認識率の平均)は25%であり, 平均未認識率は75%であるとわかった。

表 8 精度測定実験の結果表

部屋の明るさ		明るい				暗い			
		正面		横顔		正面		横顔	
顔の向き		済	無	済	無	済	無	済	無
1人		×	×	×	×	×	×	×	×
2人	無1	×	○	×	×	○	×	×	×
	無2		○				×		
3人		○	-	×	-	○	-	×	-
成功率		1/3	2/3	0/3	0/3	2/3	1/3	0/3	0/3

2.8 まとめ

Welcome の顔認識と照合精度測定実験を行った。それにより、未認識率が非常に高く平均75%であることを明らかにした。設定した状況の数が24だけだったので、より大規模に行い、推定精度の原因を今後検討する。本実験から未認識率が高いことが判明し、ウェブカメラを用いた IoT デバイスを作成する際の顔認識処理が重要であることを理解した。

第 3 章

Raspberry Pi を使った顔認識実験

3.1 Raspberry Pi を用いた自作ウェブカメラの

顔認識実験概要

本実験では Raspberry Pi と Raspberry Pi 専用カメラを用いてカメラの顔認識機能を実現することを目的とする。

3.2 Raspberry Pi について

Raspberry Pi は Raspberry Pi 財団⁴によって開発されたコンピュータである。動作するための専用 OS として Raspbian がある。Raspberry Pi には様々なモデルが存在しており、2017 年 1 月現在最新タイプである Raspberry Pi 3 Model B の性能⁵を表 9 に示す。本実験では Raspberry Pi 本体は Raspberry Pi 3(図 10)を、専用カメラは Raspberry Pi Camera Module V2(図 10)を使う。

⁴ <https://www.raspberrypi.org/>

⁵ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

表9 Raspberry Pi 3 性能表

Raspberry Pi 3 から の新機能, 新性能	A 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
	802. 11n Wireless LAN
	Bluetooth 4.1
	Bluetooth Low Energy(BLE)
Raspberry Pi 3 以前 からある 機能, 性能	1GB RAM
	4 USB ports
	40GPIO pins
	Full HDMI port
	Ethernet port
	Combined 3.5mm audio jack and composite video
	Camera interface(CSI)
	Display interface(DSI)
	Micro SD card slot(now push-pull rather than push-push)
VideoCore IV 3D graphics core	

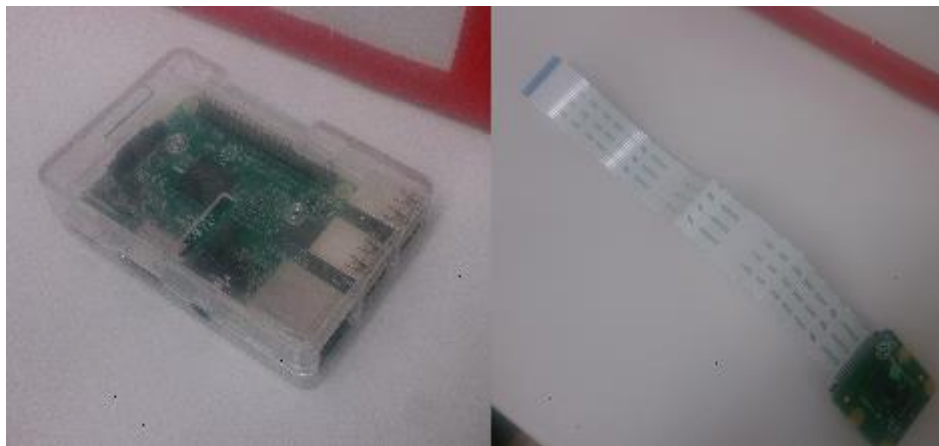


図10 Raspberry Pi 3(左)とRaspberry Pi Camera Module V2(右)

3.3 カメラに映った顔を認識する映像処理プログラム

Python 上で OpenCV を動かすことで顔認識するプログラムを作る計画をした。本実験では Raspberri Pi に接続したカメラで映像および写真を撮ることまで成功した。OpenCV のパスの設定および Python のバージョンが違うことが原因でプログラムの作成には失敗した。

3.4 Raspberry Pi を IoT 機器として扱う

インターネットを介すことで Raspberry Pi から得た情報を他のモノに伝えることも可能である。本実験では、カメラから得た人物情報を電灯ランプに伝えることで、人に応じて自動でランプを ON/OFF することを試みていた(図 11)。

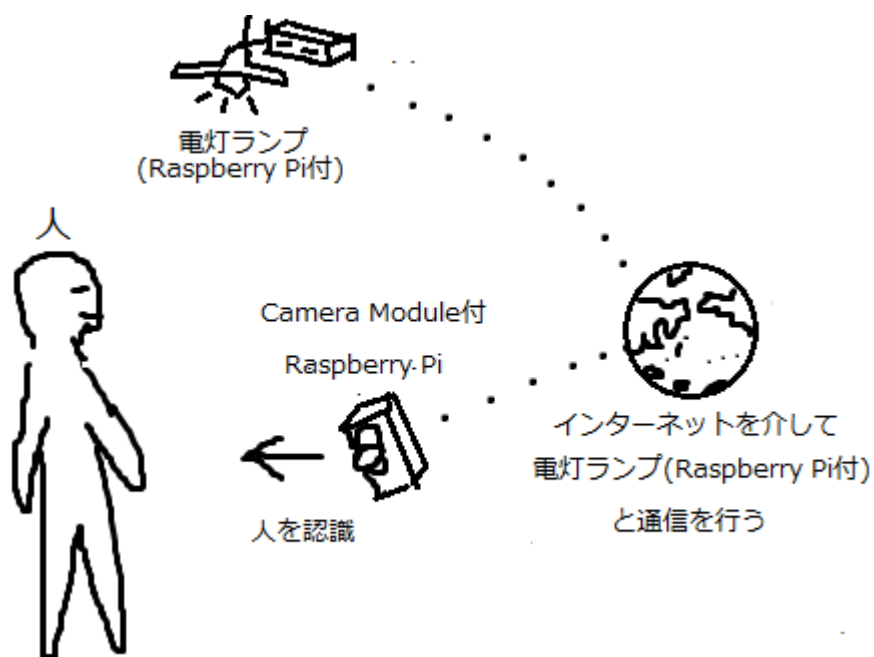


図 11 Raspberry Pi を IoT 機器として用いた例

3.5 まとめ

結果として、Raspberry Pi を用いてできたことは専用カメラで写真および映像を撮ったことだ。これらは Raspberry Pi に挿した SD カードに保存されるため呼び出すこともできる。Python, OpenCV の基礎的な知識をつけることを今後の課題とする。

第 4 章

SNS のアカウントリンク攻撃について

4.1 はじめに

本研究および実験は 2015 年 8 月から 2016 年 1 月までに行ったものである。インターネットにおけるプライバシー保護は IoT 機器を扱う上で重要事項である。本研究では、同一人物が持つ複数の SNS アカウントを関連付けることによりプライバシー侵害を行う、アカウントリンク攻撃の実態を実験の対象とする。

4.2 研究背景

スマートフォンと共に SNS の普及が進んでいる。ツイッターの国内ユーザー数は 2015 年には 2300 万人、フェイスブックは 2400 万⁶を上回っている。ツイッターに現実の出来事を投稿する日記のような使い方が目立つようになってきた。ツイッターを利用する際に本名を名乗る人は少ないが、フェイスブックを利用する人の多くが本名を名乗っている。そこで本研究では、ツイッターとフェイスブックの発言内容を抽出、解析をして、発言内容からアカウントを関連付ける危険性を調査する。

4.3 ツイッターとフェイスブックについて

2015 年における代表的な SNS としてツイッターとフェイスブックがあげられる。日本ではツイッターのほうが馴染み深いと言える(表 12 参照)。両 SNS とも自身の発言を不特定多数の人に公開するメッセージ機能があり、ユーザー同士の繋がりを支援するリンク機能もある。両 SNS は機能面では大きな差がないが、登録情報の違いによって、ユーザーによる使い分けが起きている。その使い分けが SNS での発言内容に大きく影響していると考えられる。

⁶ http://www.cereja.co.jp/press_release20150323.pdf

表12 ツイッターとフェイスブックの比較⁷



/SNS	ツイッター	フェイスブック
設立	2004年2月4日	2006年3月21日
国内ユーザー数	2400万(2014年11月)	1980万人(2014年6月)
月間アクティブ率	53.1%	60.5%

⁷ <http://gaiax-socialmedialab.jp/socialmedia/368>

4.4 実験概要

本実験では,表 13 に示す著名人 30 人のツイッターとフェイスブックのアカウント計 60 個の発言内容をそれぞれ 100 文章収集し,構文解析を行い,ツイッターとフェイスブックのアカウントがどれほど類似しているのかを調べる.

表 13 著名人 30 人のリスト

本名	http://twilog.org	https://www.facebook.com/	職業
香川真司	S_Kagawa0317	Shinjikagawa	サッカー選手
ダルビッシュ有	Faridyu	yu.darvish.official	野球選手
橋本マナミ	manami84808	manami84808	グラビア
徳井義実	tokuiyoshimi	Tokuiyoshimi	芸人
ベッキー	Becky_bekiko	official.becky	タレント
安倍晋三	AbeShinzo	Abeshinzo	政治家
Yoshiki	YoshikiOfficial	YoshikiOfficial	歌手
吉瀬美智子	kagayakurecipe	吉瀬美智子- 858277660869329	女優
板野友美	tomo_coco73	Tomomiitano	AKB
原口一博	Kharaguchi	Kharagucih	政治家
高城亜樹	AKI_WISMALU	Akitakajo48	AKB
テイラー・スウィフト	taylorswift13	TaylorSwift	シンガーソングライター
あやみ旬化	ayami_syunnka	Ayamishunka	AV 女優
孫正義	Masason	Masason	ソフトバンク
山田孝之	yamadatakayuki_	TakayukiYamada.official	俳優
小島瑠璃子	ruriko_kojima	ruriko.kojima	タレント
渡辺直美	watanabe_naomi	watanabe.naomi703	芸人
藤田晋	susumu_fujita	藤田-晋/1270099402	社長
JanetJackson	JanetJackson	JanetJackson	シンガーソングライター
佐竹まさあき	heiseibushido	TeamSatake	元格闘家
水瀬いのり	inori_minase	InoriMinase	声優
堀江貴文	takapon_jp	takafumi.horie	元社長

川村ゆきえ	YukieKawamura	YukieKawamura	グラビア
バラク・オバマ	BarackObama	barackobama	政治家
田辺誠一	tanabe1969	tanabeseiichi	俳優
西野カナ	Kanayanofficial	nishinokanaofficial	歌手
出口治明	p_hal	deguchiharuaki	社長
津田大介	Tsuda	Tsudacchi	ジャーナリスト
二階堂ふみ	nikaidoofficial	nikaidofumi.official	女優
潘めぐみ	han_meg_han	megumihanfans	声優

4.5 ツイッターから発言を抽出する手法

ツイッターの発言内容は、ツイッターのログを取り扱うサイト Twilog⁸から、サイトの `html` を抜き出し、正規表現を用いて抽出する。正規表現の例として、`<>`で囲われている部分を抜き出すならば`<.*?>`という書き方になる。発言内容は人ごとに別のテキストファイルにまとめられる。抽出した発言はリプライとリツイートを除いた。

4.6 フェイスブックから発言を抽出する手法

フェイスブックの発言内容は、フェイスブックのサイトから発言内容を手作業でテキストファイルに抽出する。フェイスブックから抽出した発言は、ツイッターの発言を抽出したテキストファイルとは違う、別のテキストファイルにまとめられる。

⁸ <http://twilog.org/>

4.7 SNS から抽出した発言の単語ベクトル化

60 個のテキストファイルに収集した発言すべてを形態素解析する。R 専用の形態素解析エンジンである RMecab⁹を用いて、テキストファイルに出現する単語とその頻度を求め、テキストファイルごとに単語ベクトル A を作成する。

4.8 コサイン類似度による単語ベクトルの比較

単語ベクトル A の次元は形態素解析によって分けられた単語の数によるが、他の単語ベクトルと比較するために存在しない次元に 0 の要素を加えることで次元を合わせることがある。単語ベクトル A と他のテキストファイルによって作成された単語ベクトル B のコサイン類似度 $\cos(A,B)$ を調べることで、A と B がどれだけ似ているかを検証する。例として表 14 に発言を形態素解析した単語ベクトルのデータ例を示す。「今日の飯は炒飯」と「炒飯は中華料理」のコサイン類似度は $0+1+0+1+1+0+0+0+0+0/(\sqrt{5}*\sqrt{5})=3/5$ となる[4]。

表 14 単語ベクトル例

単語/発言	今日の飯は炒飯	炒飯は中華料理	私は料理が得意
今日	1	0	0
の	1	1	0
飯	1	0	0
は	1	1	1
炒飯	1	1	0
中華	0	1	0
料理	0	1	1
私	0	0	1
が	0	0	1
得意	0	0	1

⁹ <http://rmecab.jp/wiki/index.php?RMeCab>

4.9 実験結果

テキストファイルのコサイン類似度の一部を表 15 に示す. アカウントごとの最大値,すなわちコサイン類似度が最も高かったものを調べたところ,計 10 個が主対角線上にあった. すなわち, 30 人中 10 人の同一人物のアカウントの特定に成功した. 特定できる確率は 1/3 であり, 十分に高いリスクと考えている.

表 15 テキストファイルのコサイン類似度

	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6
ID1	0.62	-0.2	0.05	0.04	0.25	0.18
ID2	0.26	0.94	0.2	0.78	0.5	0.72
ID3	-0.09	-0.03	0.92	0.3	-0.03	-0.09
ID4	-0.27	0.7	0.09	0.44	0.03	0.26
ID5	0.46	0.54	0.06	0.43	0.51	0.66
ID6	0.79	0.89	0.14	0.86	0.91	0.99

4.10 特定に成功した人物の発言例

特定に成功した人物の発言例を表 16 に示す。この人物は生命保険会社の社長であり、それに関連する発言がどちらの SNS でも見受けられる。例えば、「生命保険」という単語が両方で観測される。この単語は日常会話で頻繁に利用するものではなく、対象者を特定する特徴的単語である。

表 16 成功した同一人物のツイッター、フェイスブックでの発言例

ツイッター	フェイスブック
<p>今週末、11月14日(土)10時半~12時、群馬県高崎市の文具 EXPO で、「任せ方の教科書」をテーマにお話します。入場無料です。ぜひご参加下さい。週末は、講演など仕事があれば、10時間前後眠っています。はい、世界はおもろい人で溢れています。ありがとうございます！生放送だったので、とても緊張しました。今週中に締め切ります。みなさま応募ありがとうございます！→…若手社員は・・・けっこう大変なんだなあ・・・応援、とても嬉しいです。これからも生保を良くするためお互い頑張りましょう。ブログを書きました。生命保険の歴史「船は一艘、家は一軒、命は一つ」ありがとうございます。嬉しいです。今日立ち寄った書店で、僕の本を手にとっている人に遭遇、「面白いですよ、買ってください」と言う勇気がなかったご購入、ありがとうございます。今朝の日経、経済教室、とても腑に落ちました。東京一極集中は正すべきか。</p>	<p>本日17時55分より、BSスカパー!の「News ザップ」という番組に、出演します。お時間が合えばご覧ください。ブログを書きました。生命保険はなぜ必要か (2)「リスク」をファイナンスする12月3日(木)19時~、東京の神保町で思考軸の作り方について話します。よかったらご参加ください。ありがとうございます。とても光栄です。楠木建@kenkusunoki 【本】出口治明『生命保険との付き合い方』。必要にして十分。すなわち最上の解説。大切なことしか書いてない。しかし大切なことは全部書いてある。こういう本はありそうで滅多にない。明朝、7時5分からの放映です。少し早いですが、よかったらご笑覧ください。ブログを書きました。生命保険はなぜ必要か (1)「リスク」を知る月間日記、よかったら、読んでください。生保の伝道師か世界史オタクか 出口治明 (ライフネット生命保険株式会社 代表取締役会長兼 CEO) 特集・文藝春秋</p>

4.11 特定に失敗した人物の発言例

次に特定に失敗した人物の発言例を表 17 に示す。この人物の職業は声優であるが、ツイッター上ではイベントについての感想を発言、フェイスブックではその人物が関連した商品についての告知である。この人物のアカウントのコサイン類似度が一番低く、頻繁に使用された特徴的単語は見受けられない。

表 17 失敗した同一人物のツイッター、フェイスブックでの発言例

ツイッター	フェイスブック
<p>今日はいっぱいまちの掲示板更新できた。町民のみんな、ちゃんと見てくれてるかな？(*o v o)あの花ラジオ公開録音無事終わりましたー！\(;▽;)ノ 最終回の公開録音に呼んでもらえるなんて(i _ i)愛衣さんスタッフさんお疲れ様でした！来れなかった皆様 OA をお楽しみに！めんまちゃん、順ちゃん大好き！あの花ラジオでは髪型変えよう！早稲田大学さんでのトークショー無事終わりましたっ。今年は4校も参加させて頂けて今日がラストでした皆様ありがとうございました！お手紙プレゼントも thank you！さて、夜はあの花ラジオの公開録音！そちらもよろしくどうぞ もうすぐ早稲田大学さんでのトークショー。焼きそば美味しかった</p>	<p>★Inori Minase Debut Single★Title: 『Yume no Tsubomi』 Release Date: 2015/12/02 Price: ¥ 1,300+tax 01. Yume no Tsubomi 02. Egao ga niau hi 03. Ano hi no sora he★情報解禁！水瀬いのりデビューシングル★『夢のつぼみ』 2015/12/02 発売/初回封入特典：特製トレカ品番 KICM-1641/定価¥1,300 + 税 01. 夢のつぼみ 作詞：絵伊子 作曲：渡部チェル 編曲：渡部チェル 02. 笑顔が似合う日 作詞：森村メラ 作曲：松本サトシ 編曲：原田アツシ 03. あの日の空へ 作詞：藤末 樹 作曲：藤末 樹・大谷奈津子 編曲：Mitsu.J 発売記念イベント詳細はこちらまで</p>

4.12 まとめ

本実験により, アカウントリンク攻撃をすれば $1/3$ の確率でアカウントが関連付けられてしまうことがわかった. 両 SNS における発言内容が偏ってしまえば, リスクが高くなることも判明した. 本実験の欠点は, サンプルである被験者が 30 人であること, 公開されている有名人を用いたことである. 一般人のアカウントを混ぜた大規模な実験を行うことを今後の課題とする.

参考文献

- [1] IHS Technology, “IoT platforms: enabling the Internet of Things” (<https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> , 2017年1月参照).
- [2] International Telecommunication Union, “ITU-T Y.2060 Overview of the Internetofthings” (<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559&lang=en> , 2016年10月参照).
- [3] IoT 推進コンソーシアム 総務省 経済産業省,
“IoT セキュリティガイドライン ver1.0” (<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559&lang=en> , 2016年10月参照).
- [4] asaday, “メモ帳の日記” (<http://d.hatena.ne.jp/asaday/20110123/1295767228>, 2016年1月参照).