ユークリッド距離を用いた再識別手法とPWSCup2015の匿名加工データを用いた評価

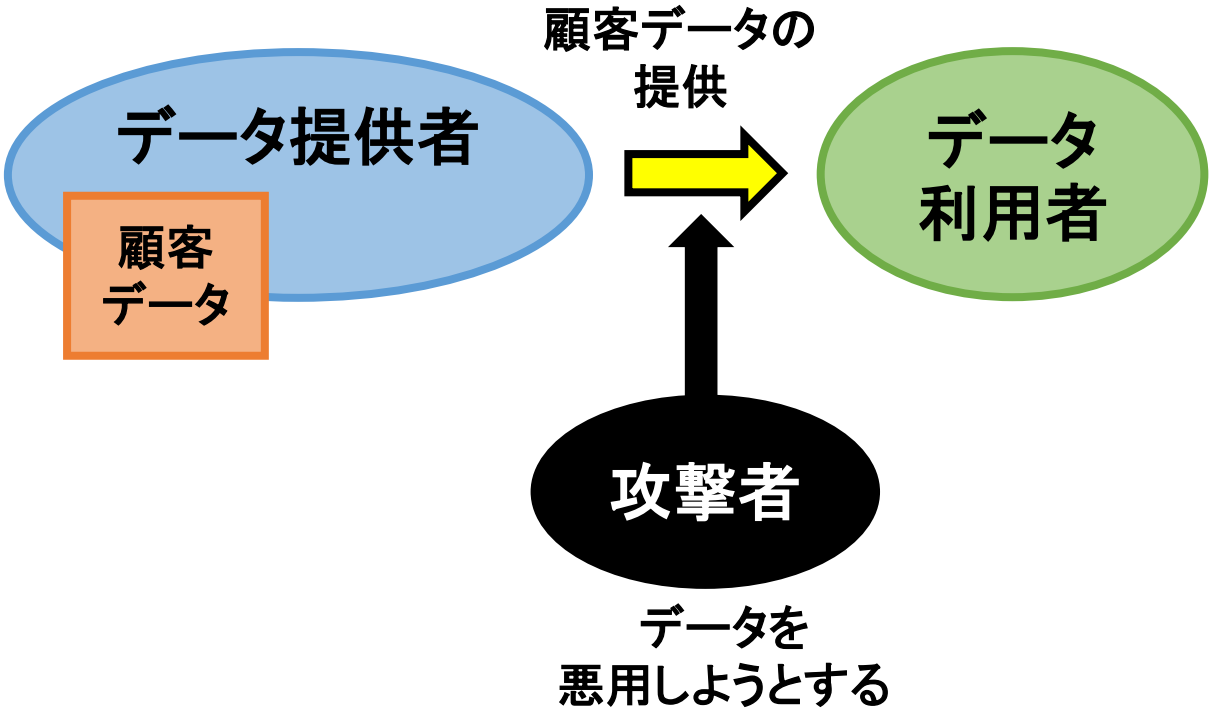
伊藤聡志　菊池浩明

明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

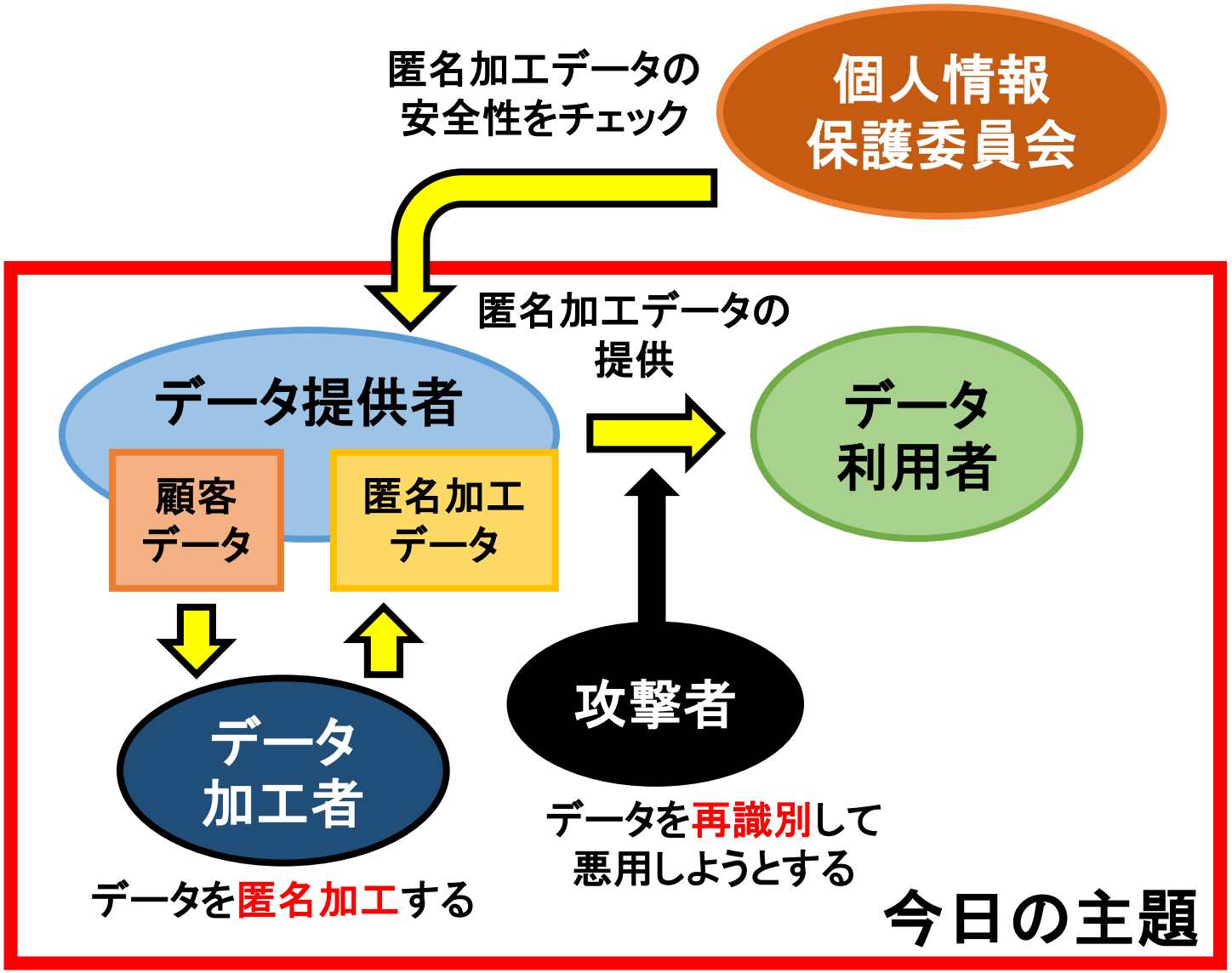
発表概要

- 新たな再識別手法の提案
- PWSCUP2015に提出された匿名加工データの解析

匿名加工とは？



匿名加工とは？


匿名加工データの
安全性をチェック
個人情報
保護委員会
匿名加工データの
提供
データ提供者
顧客
データ
匿名加工
データ
データ
利用者
データ
加工者
攻撃者
データを匿名加工する
データを再識別して
悪用しようとする
今日の主題

保護法改正とPWSCUP

2015年9月に個人情報保護法が改正され，「**匿名加工情報**」が定義された.

2015年10月に第1回「**PWSCUP 匿名加工・再識別コンテスト**」が長崎で開催された.
第2回は秋田で開催される.

問題点と研究目的

1. 既存再識別手法には問題点がある.

→既存手法の弱点を改善した新たな再識別手法を提案し,
PWSCUP2015の本戦に提出された匿名加工データを用いて
既存手法との比較を行う

2. PWSCUP2015の本戦に提出された匿名加工データがどのような手法で加工されているか不明である.

→本戦に提出された匿名加工データの解析を
小規模データを用いて行う

問題点1:既存再識別手法

「PWSCUP 2015 匿名加工・再識別コンテスト」で匿名加工データの安全性評価に用いられた4つの再識別手法

identify.rand : ランダムに再識別を行う

identify.sa : ある1つのSAを用いて再識別を行う

identify.sort : SAの合計値をソートして再識別を行う

identify.sa21 : 特定のSAを用いて再識別を行う

問題点

再識別に用いる属性の数が少ないため，加工に弱い

問題点2：提出された匿名加工データ

PWSCUP2015本戦には様々な企業や大学から13チームが参加し，24の匿名加工データが提出された．
しかし，どのデータがどのような手法で匿名加工されているかは不明である．

今回は5チーム（自チーム含む）が提出した12個のデータを研究に用いる．

データ名	作成チーム	成績
D_1, D_2	T_A（明治大学）	
D_3, D_4	T_B	2位
D_5, D_6	T_C	
D_7, D_8, D_9	T_D	1位
D_{10}, D_{11}, D_{12}	T_E	3位

提案手法　identify.euc

identify.euc

匿名加工データのレコードと同じQIのベクトルを持つレコードの中からSAのユークリッド距離 $\mathrm{D}(\boldsymbol{a},\boldsymbol{b}) = \sqrt{\sum_{i\in s}^{n}(b_i - a_i)^2}$ で再識別を行う.

元データ

	QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
○	2	1	1	100	100
×	2	1	1	200	400
	1	1	2	300	200
	1	1	2	400	500

14.142

322.8

匿名加工データ

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	110	90
2	1	1	220	390
1	1	2	280	210
1	1	2	390	520

既存手法との違い

既存手法　identify.sa

元データ

	QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
×	2	1	1	100	100
○	2	1	1	110	300
	1	1	2	300	200
	1	1	2	400	500

50

40

匿名加工データ

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	150	100
2	1	1	160	300
1	1	2	350	200
1	1	2	450	500

提案手法　identify.euc

元データ

	QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
○	2	1	1	100	100
×	2	1	1	110	300
	1	1	2	300	200
	1	1	2	400	500

50

203.96

匿名加工データ

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	150	100
2	1	1	160	300
1	1	2	350	200
1	1	2	450	500

提案手法　EUC1, EUC2

EUC1

元データ

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	100	100
2	1	1	200	400
1	1	2	300	200
1	1	2	400	500

匿名加工データ

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	110	90
2	1	1	220	390
1	1	1	280	210
1	1	1	390	520

EUC2

元データ

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	100	100
2	1	1	200	400
1	1	2	300	200
1	1	2	400	500

匿名加工データ

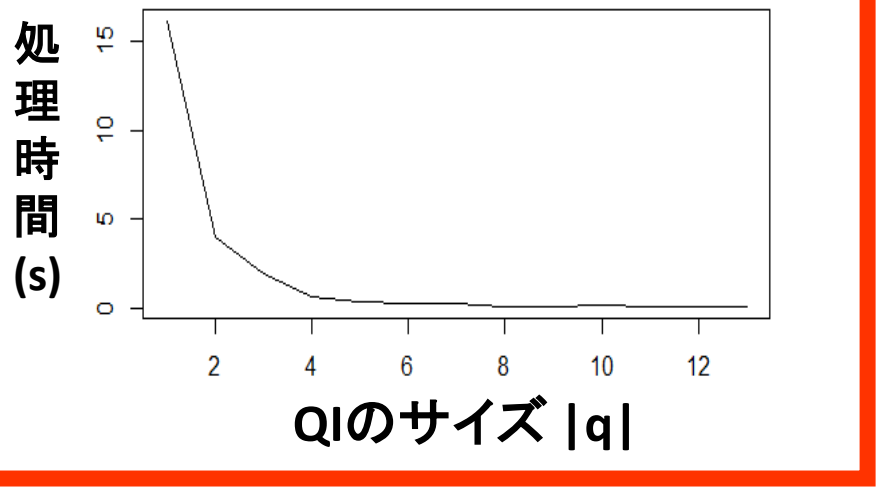
QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	110	90
2	1	1	220	390
1	1	1	280	210
1	1	1	390	520

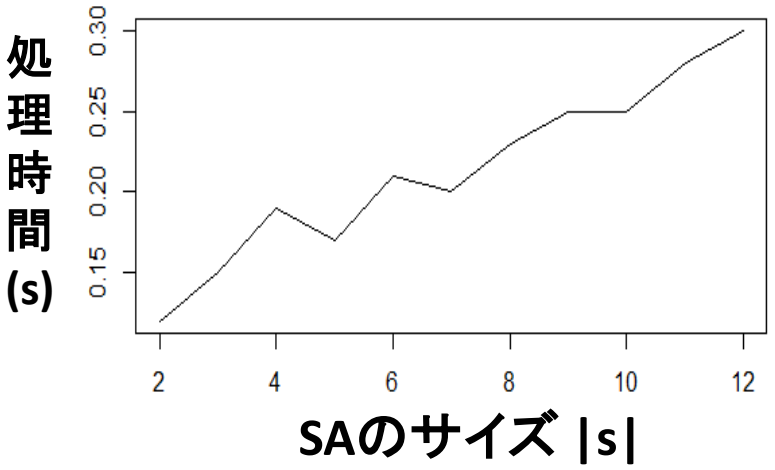
実験結果1:既存手法との比較(EUC1の精度)

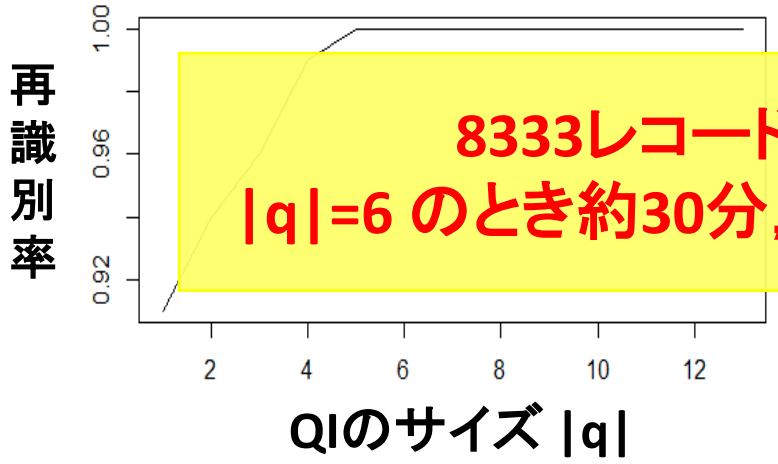
	既存方式				提案方式
匿名加工データ	Id-rand	Id-sa	Id-sort	Id-sa21	EUC1
D_1	0.0326	0.8238	*1.0000	0.1858	0.3010
D_2	0.6485	*0.6507	0.0012	0.0022	0.4780
D_3	0.1990	0.2412	*0.2482	0.0511	0.2070
D_4	0.1894	0.2401	*0.2526	0.0455	0.2110
D_5	0.0000	0.0223	0.0004	0.0002	*0.0743
D_6	0.0000	0.0223	0.0004	0.0002	*0.0743
D_7	0.0021	0.0226	0.0001	0.0014	*0.8762
D_8	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002	*0.0011
D_9	0.0001	0.0002	0.0004	0.0000	*0.0024
D_{10}	0.0060	*0.0066	0.0001	0.0005	0.0043
D_{11}	*0.0180	0.0164	0.0001	0.0001	0.0080
D_{12}	*0.0214	*0.0214	0.0004	0.0001	0.0080
平均	0.0931	0.1723	0.1261	0.0240	*0.1871
標準偏差	0.1741	0.2578	0.2681	0.0499	0.2426
最適数	2	3	3	0	5

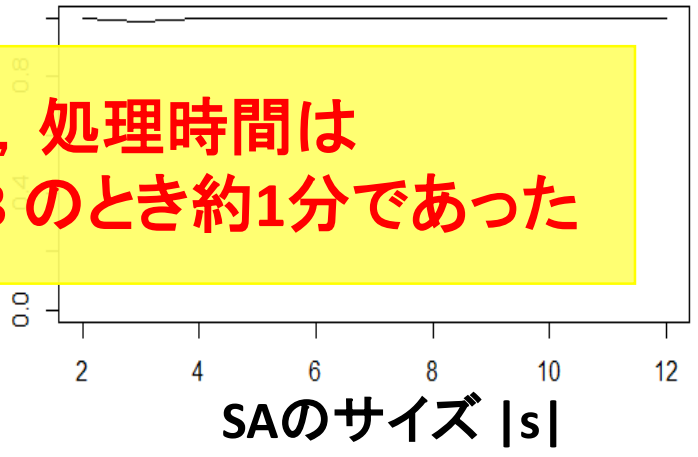
最適数と平均再識別率が最大である

EUC1の処理性能評価









8333レコードの場合，処理時間は
|q|=6 のとき約30分，|q|=13 のとき約1分であった

処理性能評価は小規模データ（100レコード，25属性）を用いて行った

実験2：匿名加工データの解析

単一の手法を用いて加工した小規模匿名加工データ$D_{\mathrm{A}},\ldots,D_{\mathrm{H}}$を用いて$D_1,\ldots,D_{12}$の加工手法を予測する.

データ名	匿名加工手法
D_1	?
D_2	?
D_3	?
D_4	?
D_5	?
D_6	?
D_7	?
D_8	?
D_9	?
D_{10}	k-匿名化+SA平均化
D_{11}	?
D_{12}	?

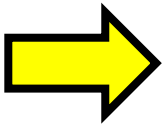
データ名	匿名加工手法	加工対象
D_{A}	k-匿名化	QI
D_{B}	SAノイズ付加	SA
D_{C}	山岡匿名化	ID
D_{D}	QI統一（対象外）	QI
D_{E}	QI統一（対象内）	QI
D_{F}	SA平均化	SA
D_{G}	QI内スワップ	SA
D_{H}	レコード削除	レコード

匿名加工手法の例

・k-匿名化

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	100	100
2	1	2	200	400
1	1	1	300	200
1	1	2	400	500

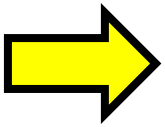
2-匿名化



QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	100	100
2	1	1	200	400
1	1	1	300	200
1	1	1	400	500

・SA平均化（ミクロアグリゲーション）

QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	100	100
2	1	1	200	400
1	1	1	300	200
1	1	1	400	500



QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	1	1	150	250
2	1	1	150	250
1	1	1	350	350
1	1	1	350	350

期待される効果

			匿名加工手法							
		対象	k−匿名化	ノイズ付加	YA	QI統一（対象外）	QI統一（対象内）	SA平均化	QI内スワップ	レコード削除
有用性	U1	SA	−	△	−	−	−	−	−	×
	U2	QI,SA	×	△	−	−	×	−	−	×
	U3	QI	×	△	−	−	×	−	−	×
	U4	SA	−	△	−	−	−	×	×	×
	U5	SA	−	△	×	−	−	×	×	×
	U6	行数	−	−	−	−	−	−	−	×
安全性	S1	QI	×	×	○	×	×	×	×	×
	S2	QI	○	×	○	○	○	×	×	×
	E1	QI	△	×	○	△	△	×	×	×
	E2	QI,SA	△	×	○	△	△	×	△	×
	E3	SA	×	△	○	×	×	○	○	×
	E4	SA	×	△	○	×	×	○	△	×
	EUC1	QI,SA	△	×	○	△	△	×	○	×

SAを加工する手法であるため
SAが対象の有用性を損ない，
SAが対象の攻撃に対して強い

手法の組み合わせによる効果

	D_A	D_F	D_{10}
加工手法	k-匿名化	SA平均化	k-匿名化+SA平均化
U1	−	−	−
U2	×	−	×
U3	×	−	×
U4	−	×	×
U5	−	×	△
U6	−	−	−
S1	○	×	○
S2	○	×	○
E1	△	×	△
E2	△	×	△
E3	×	○	○
E4	×	○	○
EUC1	△	×	○

実験2結果：匿名加工データの予測結果

		匿名加工データ											
		D_1	D_2	D_3	D_4	D_7	D_5	D_6	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}
有用性	U1	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	U2	×	−	×	×	×	−	−	−	−	×	×	×
	U3	×	−	△	△	△	−	−	−	−	×	×	△
	U4	−	△	−	△	△	△	△	△	△	×	×	×
	U5	−	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	U6	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
安全性	S1	×	×	△	△	△	×	×	×	×	○	○	△
	S2	×	×	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○
	E1	△	×	×	×	○	◎	◎	◎	○	△	△	△
	E2	×	×	×	×	△	△	△	◎	○	△	△	△
	E3	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	E4	×	○	△	△	○	○	○	○	◎	○	○	○
	EUC1	×	×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○
匿名加工手法	D_A	−	−	○	○	○	−	−	−	−	○	○	○
	D_B	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	D_C	−	−	−	−	−	○	○	○	○	−	−	−
	D_D	−	−	−	−	○	○	○	−	−	−	−	−
	D_E	○	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−	−
	D_F	−	○	−	−	−	−	−	−	−	○	○	○
	D_G	−	−	○	○	○	−	−	○	○	−	−	−
	D_H	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−

実験2結果：匿名加工データの予測結果

		匿名加工データ											
		D1	D2	D3	D4	D7	D5	D6	D8	D9	D10	D11	D12
有用性	U1	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	U2	×	−	×	×	×	−	−	−	−	×	×	×
	U3	×	−	△	△	△	−	−	−	−	×	×	△
	U4	−	−	△	△	△	△	△	△	△	×	×	×
	U5	−	−	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	U6	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
安全性	S1	×	×	△	△	△	×	×	×	×	○	○	△
	S2	×	×	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○
	E1	△	×	×	×	○	◎	◎	◎	○	△	△	△
	E2	×	×	×	×	△	△	○	○	○	△	△	△
	E3	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	E4	×	○	△	△	○	○	○	○	◎	○	○	○
	EUC1	×	×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○
匿名加工手法	DA	−	−	○	○	○	−	−	−	−	○	○	○
	DB	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	DC	−	−	−	−	−	○	○	○	○	○	○	○
	DD	−	−	−	−	○	○	○	−	−	−	−	−
	DE	○	−	−	−	−	−	−	○	○	○	○	○
	DF	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○
	DG	−	−	○	○	○	−	−	○	○	−	−	−
	DH	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−

グループ1
EUC1が有効

グループ2
山岡匿名化+他手法

グループ3
k-匿名化+SA平均化

実験2結果：匿名加工データの予測結果

		匿名加工データ											
		D_1	D_2	D_3	D_4	D_7	D_5	D_6	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}
有用性	U1	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	U2	×	−	×	×	×	−	−	−	−	×	×	×
	U3	×	−	△	△	△	−	−	−	−	×	×	△
	U4	−	△	−	△	△	△	△	△	△	×	×	×
	U5	−	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	U6	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
安全性	S1	×	×	△	△	△	×	×	×	×	○	○	△
	S2	×	×	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○
	E1	×	×	△	△	◎	△	◎	◎	○	△	△	△
	E2	×	×	△	△	◎	△	◎	◎	○	△	△	△
	E3	×	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
	E4	×	×	△	△	○	○	○	○	◎	○	○	○
	EUC1	×	×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○
匿名加工手法	D_A	−	−	○	○	○	−	−	−	−	○	○	○
	D_B	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	D_C	−	−	−	−	−	○	○	○	○	−	−	−
	D_D	−	−	−	−	○	○	○	−	−	−	−	−
	D_E	○	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−	−
	D_F	−	○	−	−	−	−	−	−	−	○	○	○
	D_G	−	−	○	○	○	−	−	○	○	−	−	−
	D_H	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−

D_8は本戦1位の匿名加工データ
山岡匿名化と他手法を組み合わせたデータ（グループ2）が上位に多く見られた

まとめと今後の課題

- まとめ
  - 既存手法の問題点を改善した，ユークリッド距離を用いる手法を提案した．12個の匿名加工データのうち，5個で最高の再識別率である．
  - 提出された12個のデータで用いられていた匿名加工手法を明らかにした．山岡匿名化と他手法を組み合わせたデータが上位に多い．
- 今後の課題
  - identify.eucのさらなる改善
  - 新たな再識別，匿名加工手法の開発
- 謝辞
  - データを提供していただいた企業と大学の皆様に感謝いたします．

山岡匿名化について

山岡匿名化

データのIDを入れ替える匿名加工手法

元データ

ID	QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
1	2	1	1	100	100
2	2	1	1	200	400
3	1	1	2	300	200
4	1	1	2	400	500

匿名加工データ

ID	QI1	QI2	QI3	SA1	SA2
2	2	1	1	100	100
3	2	1	1	200	400
4	1	1	2	300	200
1	1	1	2	400	500