

Contextual Photo Browser: 写真参与者情報を利用した写真管理システム

奥浦圭一郎[†] 牛越達也^{††} 河野恭之[†]

本稿では、写真参与者情報を用いて一緒に居た人や周囲の状況毎に写真を整理する写真管理システムを作成する。多くの携帯電話に搭載されている Bluetooth 機能を利用し、周囲に存在する Bluetooth デバイスの集合を周辺状況とみなし、一緒に居た人や周辺状況等の写真参与者情報を得る。写真参与者情報から各写真間の距離を算出し、関連性の高い写真をユーザに提示するシステムを構築する。

1. はじめに

1.1 背景と目的

本研究では、写真参与者情報を用いて一緒に居た人や周囲の状況から写真を整理する写真管理システムを作成する。写真を撮影した時に一緒に居た人や、周辺状況等の写真参与者情報を得る為に、携帯電話、PDA、ノート PC や家電製品など様々な電子機器に急速に普及し我々の環境に遍在しつつある Bluetooth 搭載機器の検出履歴を利用する。Bluetooth 機器は通信相手からの Inquiry(問い合わせ)に应答するため、通信範囲内にある他の Bluetooth 機器からの検出が可能な状態にある。この特性を利用し本研究では、ユーザが携帯する Bluetooth 機能付き PC/PDA により周囲の Bluetooth 機器を常時検出し、その履歴を写真にタグ付けする。写真にタグ付けされた Bluetooth 機器を人と見なすことで、写真参与者情報を得る。各写真の、写真参与者情報の特徴を捉え、比較することで各写真の関連性を見る事ができ、関連性の高い写真をユーザに提示するユーザインタフェースを作成することで、人によって写真同士が引かれ合うような写真管理システムを構築する。

Bluetooth の検出履歴の特徴を用いることで得られる写真整理のための情報を以下に挙げる。

- Bluetooth は近距離無線通信であり、その検出結果は半径 10m 前後(同一室内程度)の周囲の状況を反映している。

[†] 関西学院大学理工学部
School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

^{††} 関西学院大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

- 固有の ID が存在することから、その Bluetooth 機器を所有している人が周囲にいることが分かる。
- 画像データではなく、Bluetooth 機器の検出履歴から写真に人や周囲の状況を関連づけられる。

ユーザが得られる Bluetooth 機器の検出履歴は、図 1 のように周囲の状況に応じて異なる。例えば、集合写真を撮影した際にはその時のメンバーが所持している Bluetooth 機器の Bluetooth Device Address¹ (以下 BDA)が検出されている。また、食事や風景の写真のように写真内に人が写っていないくても、ユーザの周囲に居る人が所持している Bluetooth 機器の BDA が検出可能である。更に、同じメンバーで旅行に行ったとしても、観光地のような人が多く集まる様な場所では、他の観光客の人達が持つ多数の Bluetooth 機器の BDA も検出される。これらの例のような写真参与者情報の特徴を捉えるために、ユーザが Bluetooth 機器を携帯・装着して行動し、その間周辺の Bluetooth 機器の BDA を連続的に取得し、得られた BDA と時刻情報を同時に記録する。そして、記録したデータを用いて、一緒に居た人や周囲の状況に応じた写真の分類を行う。



図 1 様々な場所・状況での周囲の Bluetooth 機器検出状況

¹ Bluetooth 機器の製造段階に各機器を識別する為に割り当てられた固有 ID(MAC アドレス)

1.2 関連研究

写真を分類し、ユーザに提示するシステムの開発は現在までに多くなされている。五味らは、キーワードとメタ情報及び画像の特徴量から写真をクラスタリングしている[1]。この手法は、風景は風景として分類され画像検索の点で有用であるが、本来同じクラスに属するはずのある旅行写真では、集合写真や風景の写真、食べ物の写真等、様々な種類の写真が存在するため、別々に分類される。そのため、写真を整理する時やアルバムを作る時などの写真の分類手法としては不向きである。佐藤らは、写真に付加されているタグや撮影日時などのメタ情報による関連性を提示し、フォトモザイクを用いて表示している[2]。しかし、メタ情報は地名やイベント名等、ユーザが自由に付与する情報が含まれているため規則性が無く、あいまいさが含まれる。綾塚らは、写真が撮影される時間的密度に注目し、時間的密度が大きいほど写真同士の関連性・時間的關係が強くなりやすい事から写真をグループ化し、アルバムを作成している[3]。そのため、日時の変化におけるイベントは明確に区別することができるが、各イベント間の関連性を求めることはできない。渡辺らは、手動によるタグ付けと、時間情報及びGPS情報をもちいたコンピュータによるタグ付けを両方用いている[4]。ユーザがタグ付けを行うので正確に分類できるが、その分ユーザに負担がかかってしまう。本研究では、ユーザがBluetooth機器を持ち歩くだけで周囲のBDAを自動的に検出するため、ユーザに負担がかからず、また場所に依存せず検出が可能である。そして、写真撮影時刻の周辺時刻に検出されたBDAを利用し、写真参与者情報を得ることで各写真間の距離を算出するため、人が写っていない写真や、撮影日時の間隔が開いている写真同士の関連性をみる場合でも、写真が撮影された時の周囲の状況毎に関連性のある写真と判断し、分類することが出来る。

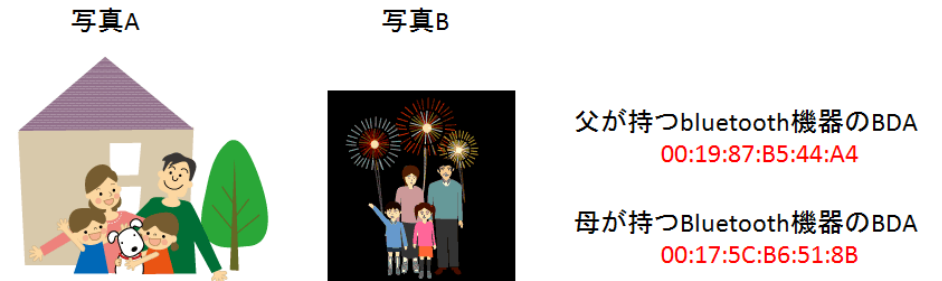
2. 提案システム

2.1 Bluetooth Device Address の検出

Bluetooth機器には、それぞれ固有のIDとして48ビットのMACアドレスが製造時に割り当てられる。これらは、Bluetooth Device Address(BDA)と呼ばれており、Bluetooth機器同士で通信路を確立する前にBDAを交換してお互いを識別する。このためBluetooth機器同士がお互いを認証し通信可能な状態になっていなくてもBDA交換は行われる。この特性を利用して、ユーザが携帯/装着するBluetooth機器から定期的に探索(Inquiry)信号を発信することで、各時刻においてユーザの周囲にあるBluetooth機器の集合を獲得・記録しておき、写真撮影時刻の周辺時刻に検出されたBDAの集合を写真にタグ付けする。各写真にタグ付けされたBDAの集合から写真参与者情報を

得ることで各写真間の距離を算出し、関連性の高い写真を見つけ出すことができる。また、BDAの取得には一般普及しているclass2(到達距離10m)のBluetooth機器を用いるものとする。

例えば、図2のように同じメンバーで、異なる日かつ異なる場所で撮影された2枚の写真では、従来の写真の分類方法では近い写真と判断することはできない。しかし2枚の写真には同じBDAの集合がタグに含まれるため、写真が撮影された時に同じ人がいたと考えられる。つまり、その2枚の写真は関連性の高い写真と判断することが出来る。更に、図3のように自分が撮影した写真間の関連性だけでなく他の人が撮影したのものでも、タグ付けされたBDAの集合から写真参与者情報を得ることで写真との距離を算出し、関連性の高い写真だと判断出来る。



| 写真名 | 撮影日時 | タグ付けされたBDA |
|-----|------------------|--|
| 写真A | 2009/10/10 14:35 | 00:19:87:B5:44:A4 00:17:5C:B6:51:8B |
| 写真B | 2010/08/10 20:00 | 00:19:87:B5:44:A4 00:17:5C:B6:51:8B |

同一BDAを検出

図2 異なる2枚の写真にBDAがタグ付けされる例



図3 一緒に行動する2人のユーザが撮影した写真にBDAがタグ付けされる例

2.2 システム構成

関連性の高い写真を見つけ出しユーザに提示するために、各写真間の関連性を表す方法としてネットワーク図を用いる。ネットワーク図を用いることで、各写真の関係をより直感的に表現することが可能である。クラスタ分けされた写真を入れ替わりで図4(a)のように表示させる。ユーザがクラスタを選択すると、そのクラスタに属する写真をノードとし、関連性をエッジで表現することで写真の関連性を図4(b)のようにネットワーク図で表現する。更に写真を選択すると、その写真について関連性の高い写真が図4(c)のようにネットワーク図で表現される。

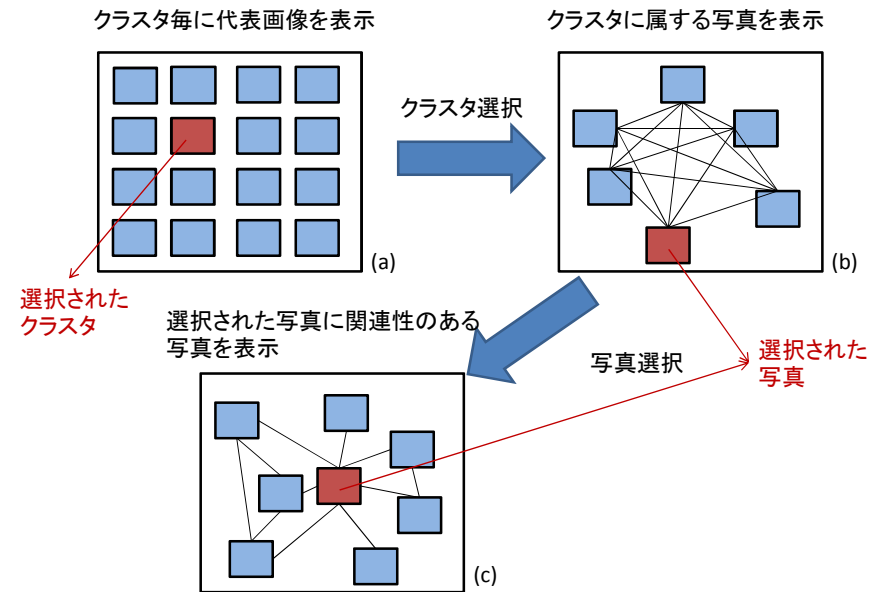


図4 Contextual Photo Browser の概観

3. 写真間距離の定義とクラスタリング

写真間の距離を定義し、距離から写真間の関連性を測る。写真が撮影された周辺時刻に検出されたBDAの和集合を写真のタグとする。同じイベントに参加している人のBDAを検出するために、時間的なずれを許容する形で和集合をとる。BDAの和集合をタグ付けする事で写真参与者情報が得られ、タグをキーとする写真の集合を作成、検索することが可能となる。そして、その写真参与者情報から、写真をノード、写真間の関連性をエッジで表現することで、写真の関連性をネットワークとして捉える事が出来る。写真の関連性をネットワークと捉えることで、Clusset-Newman-Moore法[5]を用いて写真のクラスタリングを行った。

3.1 写真間距離の定義

任意の写真 X と写真 Y 写真間の距離 $d(X, Y)$ を, 写真 X の BDA タグの集合を $Q(X)$, 写真 Y の BDA タグの集合を $Q(Y)$ とし, 以下のように定義する.

$$d(X, Y) = \frac{|Q(X) \square Q(Y)|}{|Q(X) \sqcup Q(Y)|}$$

これは, 写真 X が撮影された時に周囲にあった Bluetooth 機器の多くが, 写真 Y を撮影した時にも一緒に居れば, 各写真が引き合うことを表す.

図 5 は, 勤務地の異なる 2 名の被験者が 2009/5/15 に金沢で開催された学会に宿泊参加した際に撮影した各写真間の距離を求めて写真間のエッジの重みとし, 重みが閾値以下のエッジを残して, 写真をノードとして可視化したものである. すべて同じ日の写真であるが, おおむねイベント別にクラスターが構成されている. 同じ日の写真でも, イベント毎に写真を分類することにより, ユーザがその写真を見返す時にその時のことを思い出しやすくなる. また, 異なる撮影者の写真が, 周囲の状況が同じであれば関連性の高い写真として同一クラスターに分類されている事が分かる. 自動で他の人の写真との距離を算出することができるため, ユーザに負担をかけることなく写真の分類が可能である.

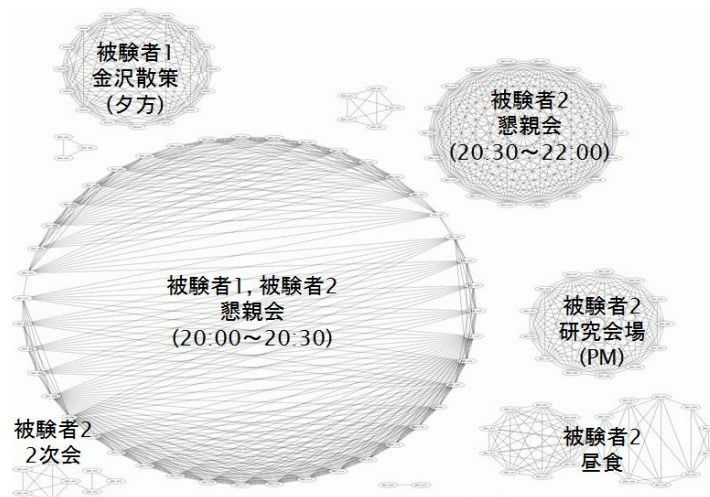


図 5 2009/5/15 学会に宿泊参加した際に撮影された写真の関連性

3.2 クラスタリング結果

本研究では, 写真の関連性をネットワークと捉え, 表 1 の実験データにおいて Clauset-Newman-Moore 法によるクラスタリングを行った. Clauset-Newman-Moore 法におけるクラスタリングとは, 図 6 の様にネットワーク中の密な部分を見つけ出しクラスタ化する手法である. 本研究において, ノードを写真, 各写真間の距離を求めてエッジの重みとし, 重みが閾値以下のエッジを残して Clauset-Newman-Moore 法を用いてクラスタリングした. 被験者 1 の BDA データ収録期間に撮影された写真 9104 枚の内, BDA がタグ付けされた写真 6567 枚をクラスタリングした結果, 605 のクラスターに分けられた. クラスタリング結果を見てみると, 写真の撮影場所や撮影日時が異なる写真が同じクラスターに分類された. また, 別のクラスターには従来の分類方法ではジオタグによって分類可能となるような, 同じ場所で撮影された写真を BDA 集合によって分類することもできた.

表 1 実験データ

| | 被験者 1 | 被験者 2 |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| BDA データ収録期間 | 2009/03/13~2010/12/12 | 2009/04/28~2010/12/10 |
| 撮影写真枚数 | 9104 枚 | 34523 枚 |

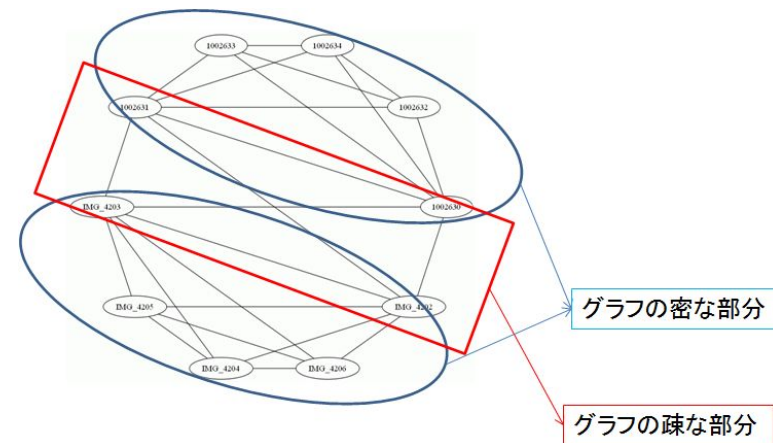


図 6 ネットワーク図の例

4. GUI

Contextual Photo Browser の特徴は、写真が撮影された時に一緒に居た人や周辺状況から、人と人が引きあう様に写真を表示し、ブラウズできること。Contextual Photo Browser は、従来の写真管理システムのように、画像データを用いて人物を特定して写真を分類したり、撮影日時によって写真を管理したりするものとは異なる。Contextual Photo Browser では、写真にタグ付けされた BDA 情報を用いて写真管理をする。写真にタグ付けされた BDA 情報とは、一枚の写真から得られる写真参与者情報である。各写真の写真参与者情報を用いて、写真間の関連性を測る。そのため、写真に人が写っていない場合でも一緒にいた人を反映した写真の分類が可能である。更に、日時が離れた写真同士でも写真参与者情報を用いて、写真間の距離を測ることが可能になり、新しい発見をユーザに提示することが出来る。

ネットワーク図のノードを写真、写真間の距離をエッジで表現する。使用言語は Java で、開発環境として eclipse を用いて、GUI コンポーネントライブラリである Swing とグラフ構造の処理及び可視化を行うライブラリである JUNG を利用した。

図 7 のように、写真の関連性をネットワーク図でユーザに提示する。図 7 は図 9 と同じ期間(WISS2010 の日程)に撮影された写真について、ノードを写真、関連性をエッジで可視化したものである。これらが、セッション中に撮影した写真群、夕食会で撮影した写真の群、昼休憩時に外を散策した時に撮影した写真群のクラスタに分かれている。すべて同じ日に撮影された写真であるが、写真を撮影したときに検出される BDA が異なっており、被験者の感覚に合致した分類がえられた。



図 7 「Contextual Photo Browser」によるクラスタに属する写真の表示

5. 考察

5.1 クラスタリング結果の考察

表 1 の写真のクラスタリング結果を見てみると、被験者 1 の写真のうち 159 枚の写真が同じクラスタに属していることが分かった。それらの写真は、2009/06/06、2009/10/31、2009/12/04、2010/01/28、2010/06/11 に同じ飲食店で夕食時に撮影された写真であった。同じ場所で撮影されている写真はジオタグを用いて分類することも可能であるが、159 枚の写真が同じクラスタに属した結果から写真参与者情報を用いることでも分類できることが分かった。

図 8 は、2 人の被験者が 2010/05/14~2010/12/03 の期間に学会や打ち合わせ等で出会った日にお互いが撮影した写真間の関連性を可視化した図である。Clauaset-Newman-Moore 法を用いてクラスタリングした結果、8 つのクラスタに分けら

れた。ノードとエッジが赤で示されているクラスタの中には、異なる撮影日時かつ異なる撮影場所で撮影された写真が存在していた。その結果から、撮影場所や撮影日時によらず、周囲の状況によって分類されることが分かった。今回の例では、学会というイベントだが、参加者が類似するイベントにお互いが違う日時に行っているところも考えられ、ジオタグ等と違った新しい分類が期待できる。

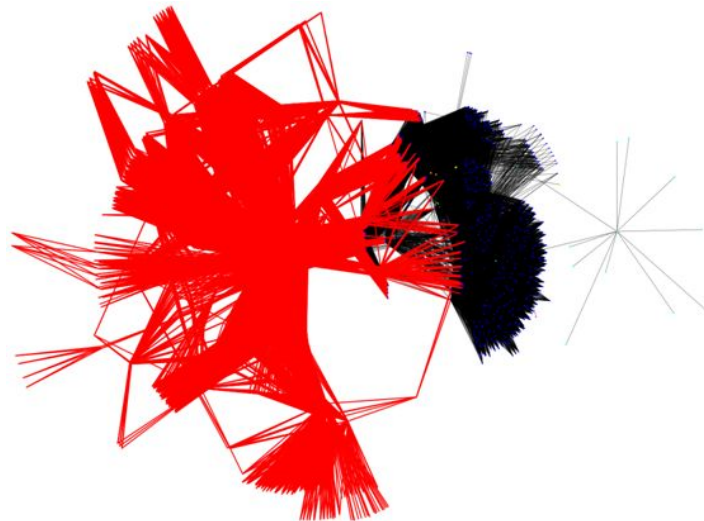


図8 2人の被験者が撮影した写真の関連性

図9は、2010/11/15～2010/12/10の期間に被験者1と2が撮影したお互いの写真間の関連性を可視化した図である。赤で示されているクラスタは2010/11/19日に2人の被験者が打ち合わせの際に撮影した写真が分類されている。緑色で囲まれたクラスタには、12/1～12/3の学会セッション中の写真が分類されている。また、オレンジで囲まれたクラスタには、12/1～12/3の学会時間外の写真が分類されている。同じ12/1～12/3の写真が、複数のクラスタに分類されている理由は、セッション中とそれ以外の時間帯とで周囲状況が異なるため、検出されるBDAの特徴が異なるからである。しかし、11/19と12/1～12/3は2人の被験者が会っており、検出されるBDAの特徴が似通ってくると推測されたにもかかわらず、同一クラスタに分類されなかった。この原因としては、多数のBDAが検出されていることが考えられる。多数のBDAが検出され、一枚の写真にタグ付けされるBDAの数が多くなり、特定の1人と出会っているだけでは、3.1節の定義を用いると写真間の距離が遠く算出されてしまった。

写真にタグ付けされた自分のBDA及び特定の人のBDAにも注目する必要がある。自分の写真に特定の人のBDAがタグ付けされていれば、その写真はその人と一緒にいた時に撮影されたと判断できる。また、同様に特定の人の写真に自分のBDAがタグ付けされていれば、自分と一緒にいた時に撮影された写真だと判断できる。このことから、自分の写真と特定の人の写真との距離を算出する際に、お互いの写真に相手のBDAがタグ付けされていれば、その2枚の写真は共に特定の人と一緒にいたときに撮影された写真と判断でき、特定の人に着目した写真の整理が可能になる。次に、クラスタリングされた写真に注目してみると、2010/11/15～2010/12/10の期間中に2人が会った日の写真だけがノードとして表現されている。実際には、期間中に2人の被験者が会っていない日に撮影した写真もあるのだが、ノードには表れていない。この結果から、異なる周辺状況の写真参加者情報が付与されているために関連性が薄く、排除されていることがわかる。

図10は、被験者1が2010/11/15～2010/12/10の期間に自身で撮影した写真間の関連性を可視化した図である。赤で示されているクラスタは、電車内から撮影した写真が分類されている。青で囲まれたクラスタに属する写真は、電車から下車後まもなく撮影されたものである。今回の結果は、被験者が電車を降りた事により周囲の状況が変わり、違うクラスタに分類された。しかし電車に乗ったままでも、乗客の乗り降りにより周囲の状況が変わるため、電車内から撮影した写真ばかりでも違うクラスタに分類されることも考えられる。

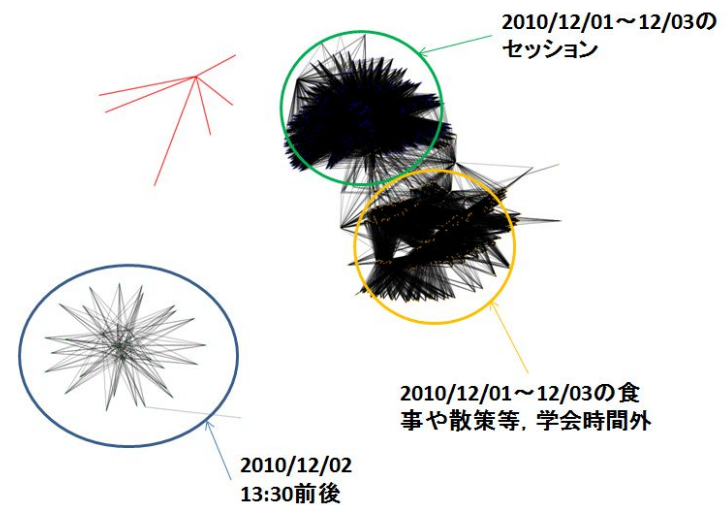


図9 2010/11/15～2010/12/10の可視化結果

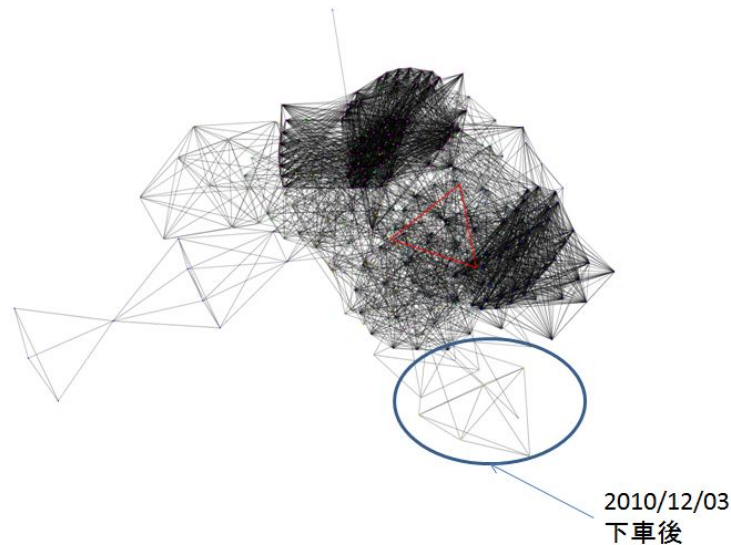


図 10 被験者 1 の 2010/11/15～2010/12/10 の可視化結果

5.2 特定の BDA に注目した写真間距離

各 Bluetooth 機器には、固有の BDA が割り当てられているため、特定の BDA に注目することで、その BDA を割りふられた Bluetooth 機器を携帯している特定の人物が周囲にいた時に撮影された写真を抽出ができる。そのため、撮影日時が遠く離れた写真や、撮影場所が異なる写真でも一緒にいた人毎に写真を整理することが可能である。

2009/03/13～2010/12/12 において、1 日しか検出されていない BDA は、単にすれ違っただけの人だと考えられるが、異なる 2 日にわたって検出された BDA に注目した場合、ユーザ自身が気づかなかった偶然の出会いがあった写真を含むと考えられる。そこで、被験者が実験期間に 2 日間検出されている BDA に注目したところ、219 個の BDA が抽出された。例えば被験者は、2010/05/09 と 2010/07/24 に同じレストランで食事をとった際に同じ人物がその場にいたことが分かった。さらに被験者は 2010/09/08 に立命館で開催された HIS と、2010/10/24 に大阪で開催された EC2010 の会場と同じ人物とセッション会場をともにしたことが分かった。しかし、この中には連日に取得された BDA であり期待するような意外な写真の関連性が見られないものも存在した。今後、BDA が検出された日の間隔も考慮に入れた写真間距離の定義を検討する。

6. おわりに

本研究では、ユーザの周囲に存在する Bluetooth 機器から得られる BDA の検出履歴を用いて写真参与者情報を得ることで、写真間の距離を算出し、関連性の高い写真を見つけ出し、ユーザに提示するシステムを構築した。撮影日時や場所では関連付けることが出来なかった写真の関連性を発見することができた。その結果、意外な写真の組み合わせをユーザに提示でき、エンターテインメント性が生まれた。加えて、同じ撮影日時の写真でも、イベント毎に写真を分類することができ、人がイベントを思い出すのにより近い形でユーザに提示できた。しかし、同じクラスタに所属すると考えられる写真が、細かくクラスタリングされ過ぎている例も見られた。今後、より確からしいクラスタリングを行うために、現在の写真参与者情報に周囲の Wi-Fi 検出履歴を加える必要がある。さらに、各写真間の撮影日時の間隔を距離に重みづけすることで、日時の間隔が長い写真をより強調するなど、エンターテインメント性を高める方法を考えていく。

謝辞

京都大学大学院情報学研究科の中村聡史氏には BDA 検出・記録ツールを開発・提供頂くと共に有用なコメントを頂いた。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1]五味愛, 宮崎麗子, 伊藤貴之, ジアリ. CAT: 大量画像の一覧可視化と詳細度制御のための GUI, 画像電子学会誌, Vol. 38, No. 4, pp. 1108-1115, (2008).
- [2]佐藤和男, 藤沢誠, 天野敏之, 宮崎純, 加藤博一. 再帰的なフォトモザイクを用いた画像の関連性提示方法, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-EC-17 No.14 (2010).
- [3]綾塚 祐二. Album Weaver: 密度の高い写真群からアルバムを紡ぐ, WISS2007, pp.7-12, (2007).
- [4]渡邊 裕子, 小林一郎, 和泉憲明, 橋田浩一. イベント構造の抽出に基づく画像管理法, 人工知能学会研究会資料, IG-SWO-A802-03, (2008).
- [5]Aaron Clauset, M. E. J. Newman, Christopher Moore. Finding community structure in very large networks. Physical Review E, Vol. 70, p. 066111, (2004).