

BLE ビーコンによる滞在履歴を用いた大学生の行動の分析

遠藤健玄[†] 武藤敦子[†] 森山甲一[†] 犬塚信博[†]名古屋工業大学大学院工学研究科[†]

1 はじめに

近年、行動履歴を用いてユーザらの行動の特徴を分析する研究が盛んに行われている[1][2]. これらの行動履歴は日々膨大な量を得ることができるため、これを分析し各種サービスに生かすことが可能である.

その本質は大学生の行動履歴でも同様である. 大学生は講義などにより 1 週間ごとの行動がパターン化されている場合が多い. 学生の行動パターンが分かれば、各学生のニーズに合わせた教育サービスを提供することが可能となる. 名古屋工業大学では、約 1,600 台の Bluetooth Low Energy (BLE) ビーコン発信器を学内に設置し、スマートフォンにより学生の講義の出席状況等を管理している. 本研究では名古屋工業大学に設置されている BLE ビーコンによって取得できる大学生の行動記録を用いて、学生の 1 週間の行動を曜日と時間に着目して表現し、これに階層的クラスタ分析を用いることによって各学生の属性とクラスタとの関係を確認し、滞在履歴のパターンについて考察する.

2 Nitech ピロリンとデータについて

BLE ビーコンを用いて学生らの滞在履歴を取得するシステムとして Nitech ピロリンを用いる. Nitech ピロリンとは名古屋工業大学のスマホアプリによる授業打刻を主とした情報記録が行えるシステムの名称であり、授業打刻以外にも学生の安全管理等を目的として自動かつ定期的な滞在記録、自動打刻を取っている[3].

本研究では大学生の 1 週間の行動の内、学内に滞在しているタイミングについて調べる. その為、Nitech ピロリンの記録の内自動打刻のみを用いる. 記録は 15 分に 1 回、アプリを起動している間だけ取られる. この記録のデータには記録した時間、記録したユーザが含まれる.

3 分析手法

学生ごとの行動の傾向を分析するために学生ご

Analysis of university students' behavior using stay history by BLE beacons

[†] Kento Endoh [†] Atsuko Mutoh [†] Koichi Moriyama

[†] Nobuhiro Inuzuka

[†] Nagoya Institute of Technology

表 1: 時間区分ごとの滞在記録割合 S_{ij} の例.
濃い色のところが値が高い.

	日	月	火	水	木	金	土
0時	0.045%	0.008%	0.072%	0.102%	0.020%	0.048%	0.069%
1時	0.035%	0.005%	0.048%	0.081%	0.044%	0.031%	0.068%
2時	0.036%	0.008%	0.021%	0.094%	0.044%	0.043%	0.074%
3時	0.041%	0.005%	0.025%	0.073%	0.035%	0.040%	0.024%
4時	0.039%	0.005%	0.022%	0.072%	0.024%	0.035%	0.017%
5時	0.034%	0.005%	0.028%	0.085%	0.015%	0.041%	0.019%
6時	0.034%	0.005%	0.017%	0.119%	0.038%	0.038%	0.012%
7時	0.036%	0.029%	0.062%	0.164%	0.037%	0.030%	0.026%
8時	0.034%	0.301%	0.230%	0.396%	0.257%	0.343%	0.029%
9時	0.052%	1.016%	0.691%	1.109%	0.842%	1.206%	0.131%
10時	0.057%	1.392%	1.276%	1.481%	1.431%	1.483%	0.172%
11時	0.088%	1.616%	1.717%	1.828%	1.855%	1.864%	0.243%
12時	0.103%	1.551%	1.866%	1.895%	1.764%	1.946%	0.231%
13時	0.148%	1.745%	2.564%	2.478%	1.890%	2.281%	0.290%
14時	0.168%	1.589%	2.303%	2.556%	1.841%	2.321%	0.346%
15時	0.196%	1.470%	2.301%	2.460%	1.941%	2.179%	0.323%
16時	0.187%	1.493%	1.973%	1.956%	1.588%	1.658%	0.381%
17時	0.158%	1.196%	1.776%	1.553%	1.417%	1.496%	0.198%
18時	0.159%	0.805%	1.179%	0.899%	1.256%	1.081%	0.182%
19時	0.074%	0.546%	0.785%	0.652%	0.827%	0.710%	0.139%
20時	0.063%	0.412%	0.470%	0.450%	0.527%	0.404%	0.125%
21時	0.051%	0.221%	0.287%	0.302%	0.311%	0.314%	0.106%
22時	0.041%	0.159%	0.162%	0.150%	0.158%	0.165%	0.077%
23時	0.009%	0.082%	0.145%	0.060%	0.101%	0.085%	0.039%

とのデータを行列で表現し、その行列に基づいて学生間の距離を定め、クラスタ分析を行う.

3.1 データの行列表現

学生の時間を各曜日で 7 個、各時間で 24 個、合わせて 168 個の時間区分に分け、曜日 i 時間 j の時間区分の滞在記録割合 S_{ij} を以下の式で表す.

$$S_{ij} = \frac{\text{(期間中の曜日 } i \text{ 時間 } j \text{ の自動打刻数)}}{\text{(期間中の全ての自動打刻数)}}$$

表 1 はある学生の時間区分ごとの滞在記録割合 S_{ij} の例である. ここで S_{ij} を要素とした行列を「時間区分行列」と名付ける.

3.2 クラスタ分析

学生ごとの時間区分行列に対し、階層的クラスタ分析を行う. 学生 x の時間区分行列を S^x , その要素を S^x_{ij} とした時の学生 x と学生 y の距離 D_{xy} は以下の通りとした.

$$D_{xy} = \sum (S^x_{ij} - S^y_{ij})^2$$

本研究では、クラスタ間の距離の計算にクラスタ内の分散を最小化するウォード法を用いた.

4 分析

今回の分析では期間による講義の変更のズレをなくすために、学部生の 2 期制・修士生のクォーター制の両方の影響がない月である 6・7 月の 2 か月の記録を対象の期間とし、その期間に 100 回以上の打刻のある 263 名を対象の学生とする. クラスタ数はエルボー法に基づき 6 と設定した.

0.03% 0.02% 0.03% 0.07% 0.02% 0.05% 0.03%	0.00% 0.00% 0.02% 0.10% 0.00% 0.01% 0.03%	0.05% 0.00% 0.08% 0.00% 0.02% 0.00% 0.11%
0.03% 0.02% 0.02% 0.07% 0.03% 0.04% 0.02%	0.00% 0.00% 0.01% 0.03% 0.01% 0.01% 0.01%	0.03% 0.00% 0.03% 0.00% 0.03% 0.02% 0.11%
0.03% 0.01% 0.01% 0.05% 0.02% 0.03% 0.02%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.03% 0.00% 0.00% 0.00% 0.03% 0.00% 0.03%
0.03% 0.02% 0.01% 0.06% 0.04% 0.03% 0.03%	0.03% 0.00% 0.00% 0.01% 0.00% 0.02% 0.00%	0.05% 0.00% 0.00% 0.02% 0.03% 0.00% 0.03%
0.02% 0.02% 0.01% 0.05% 0.03% 0.03% 0.01%	0.03% 0.00% 0.00% 0.02% 0.00% 0.02% 0.01%	0.05% 0.00% 0.00% 0.02% 0.02% 0.02% 0.02%
0.01% 0.02% 0.01% 0.05% 0.02% 0.03% 0.01%	0.04% 0.00% 0.00% 0.07% 0.00% 0.02% 0.00%	0.03% 0.00% 0.02% 0.03% 0.00% 0.00% 0.02%
0.01% 0.02% 0.01% 0.05% 0.03% 0.03% 0.01%	0.04% 0.00% 0.00% 0.07% 0.00% 0.02% 0.00%	0.02% 0.00% 0.00% 0.14% 0.00% 0.02% 0.02%
0.01% 0.04% 0.03% 0.07% 0.04% 0.06% 0.03%	0.04% 0.00% 0.00% 0.05% 0.01% 0.00% 0.00%	0.02% 0.03% 0.02% 0.17% 0.12% 0.00% 0.05%
0.03% 0.37% 0.71% 0.63% 0.50% 0.49% 0.08%	0.06% 0.17% 0.13% 0.31% 0.28% 0.31% 0.05%	0.00% 0.24% 0.32% 0.81% 0.19% 0.54% 0.00%
0.07% 1.11% 2.06% 1.89% 1.38% 1.43% 0.14%	0.09% 0.71% 0.70% 0.90% 0.86% 1.22% 0.13%	0.00% 1.50% 1.93% 2.63% 1.13% 1.51% 0.06%
0.12% 1.76% 2.49% 2.23% 1.92% 1.80% 0.20%	0.08% 1.17% 1.26% 1.52% 1.54% 1.46% 0.20%	0.03% 0.49% 0.60% 0.60% 0.32% 0.77% 0.09%
0.15% 2.06% 2.72% 2.30% 2.15% 2.00% 0.26%	0.11% 1.42% 1.77% 2.02% 2.00% 1.81% 0.39%	0.10% 2.91% 1.92% 3.52% 2.26% 2.14% 0.12%
0.13% 2.00% 2.54% 1.93% 2.13% 1.96% 0.25%	0.14% 1.38% 1.73% 1.96% 1.68% 1.92% 0.41%	0.03% 2.18% 2.28% 2.54% 1.43% 1.73% 0.12%
0.15% 2.20% 2.77% 1.78% 2.46% 2.25% 0.27%	0.20% 1.83% 2.48% 2.40% 1.89% 2.32% 0.40%	0.02% 2.95% 3.65% 2.92% 1.24% 2.12% 0.08%
0.19% 2.11% 2.53% 1.57% 2.46% 2.03% 0.29%	0.24% 1.54% 2.21% 2.58% 1.94% 2.39% 0.51%	0.03% 2.55% 3.16% 2.62% 1.00% 1.64% 0.10%
0.19% 1.85% 2.10% 1.49% 2.29% 1.62% 0.25%	0.24% 1.98% 2.26% 2.29% 1.86% 2.25% 0.53%	0.06% 2.41% 2.53% 2.60% 1.09% 1.68% 0.05%
0.18% 1.34% 1.53% 1.27% 1.61% 1.33% 0.22%	0.15% 1.56% 2.18% 1.81% 1.55% 1.75% 0.56%	0.09% 1.40% 1.68% 1.54% 0.81% 1.20% 0.10%
0.11% 0.88% 1.18% 0.98% 1.04% 1.06% 0.15%	0.09% 1.25% 1.92% 1.46% 1.34% 1.81% 0.28%	0.17% 0.53% 0.78% 0.40% 0.49% 0.36% 0.03%
0.11% 0.46% 0.62% 0.65% 0.65% 0.52% 0.10%	0.06% 0.89% 1.52% 0.99% 1.25% 1.20% 0.28%	0.06% 0.25% 0.17% 0.14% 0.31% 0.12% 0.02%
0.11% 0.30% 0.38% 0.44% 0.47% 0.36% 0.07%	0.05% 0.65% 1.19% 0.69% 0.83% 0.79% 0.17%	0.04% 0.13% 0.16% 0.10% 0.28% 0.15% 0.01%
0.08% 0.22% 0.26% 0.27% 0.32% 0.24% 0.05%	0.07% 0.55% 0.56% 0.52% 0.50% 0.34% 0.18%	0.03% 0.03% 0.07% 0.09% 0.13% 0.17% 0.04%
0.06% 0.14% 0.17% 0.16% 0.18% 0.18% 0.05%	0.05% 0.27% 0.41% 0.35% 0.22% 0.21% 0.11%	0.02% 0.03% 0.05% 0.05% 0.01% 0.06% 0.04%
0.04% 0.08% 0.11% 0.07% 0.12% 0.09% 0.03%	0.05% 0.17% 0.17% 0.16% 0.08% 0.14% 0.06%	0.00% 0.05% 0.03% 0.02% 0.05% 0.01% 0.03%
0.03% 0.06% 0.07% 0.05% 0.02% 0.07% 0.04%	0.01% 0.03% 0.15% 0.05% 0.04% 0.10% 0.03%	
(1) クラスタ1	(2) クラスタ2	(3) クラスタ3
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.00% 0.00% 0.01% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.02% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.02% 0.02% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.02% 0.00% 0.05% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.04% 0.07% 0.01% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.47% 0.00% 0.47% 0.96% 0.00%	0.03% 0.30% 1.02% 0.99% 0.54% 0.40% 0.00%	0.00% 0.19% 0.68% 0.42% 0.51% 0.43% 0.00%
0.00% 0.00% 3.54% 0.00% 4.01% 3.85% 0.00%	0.04% 0.97% 3.29% 3.58% 2.11% 1.96% 0.10%	0.00% 1.46% 2.97% 2.69% 2.42% 2.13% 0.00%
0.00% 1.92% 1.66% 3.20% 1.14% 2.56% 0.00%	0.03% 1.94% 3.96% 3.23% 2.54% 2.39% 0.10%	0.00% 2.05% 2.92% 2.31% 2.45% 2.13% 0.00%
0.00% 2.80% 1.47% 6.62% 0.00% 1.90% 0.00%	0.01% 2.95% 4.81% 2.85% 2.95% 2.89% 0.15%	0.09% 2.89% 2.62% 2.51% 3.38% 2.28% 0.00%
0.00% 0.96% 1.96% 2.54% 0.00% 1.28% 0.00%	0.01% 2.22% 3.51% 1.33% 2.28% 2.21% 0.21%	0.09% 1.94% 2.22% 1.46% 2.68% 1.23% 0.00%
0.00% 0.00% 6.86% 3.63% 0.00% 0.48% 0.00%	0.01% 2.78% 4.49% 1.04% 2.97% 2.37% 0.15%	0.00% 3.66% 3.63% 1.32% 3.11% 2.94% 0.00%
0.00% 1.49% 5.25% 3.81% 0.00% 0.32% 0.00%	0.03% 2.30% 3.51% 0.74% 2.68% 1.93% 0.12%	0.00% 2.56% 3.22% 1.08% 3.65% 2.24% 0.00%
0.00% 2.99% 5.92% 4.68% 0.00% 0.22% 0.00%	0.01% 2.21% 2.85% 0.11% 2.60% 1.14% 0.11%	0.00% 2.82% 3.65% 0.99% 2.95% 0.93% 0.00%
0.00% 1.49% 4.65% 2.57% 0.00% 0.16% 0.00%	0.02% 0.91% 1.23% 0.28% 1.07% 0.62% 0.06%	0.00% 1.48% 1.38% 0.36% 1.13% 0.68% 0.00%
0.00% 0.75% 4.63% 1.36% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.30% 0.49% 0.12% 0.55% 0.35% 0.02%	0.00% 1.05% 0.63% 0.31% 0.35% 0.13% 0.00%
0.00% 0.00% 2.21% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.03% 0.08% 0.08% 0.22% 0.08% 0.01%	0.00% 0.71% 0.21% 0.27% 0.38% 0.09% 0.00%
0.00% 0.00% 2.45% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.01% 0.10% 0.07% 0.15% 0.05% 0.03%	0.00% 0.27% 0.20% 0.11% 0.11% 0.14% 0.00%
0.00% 0.00% 0.98% 0.00% 0.00% 0.25% 0.00%	0.02% 0.00% 0.03% 0.06% 0.04% 0.04% 0.01%	0.00% 0.04% 0.16% 0.04% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.25% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.02% 0.00% 0.08% 0.01% 0.01% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.01% 0.00% 0.04% 0.03% 0.01% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.01% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00% 0.00%
(4) クラスタ4	(5) クラスタ5	(6) クラスタ6

図1: クラスタごとの時間区分行列の平均。 クラスタの番号は順不同。

4.1 クラスタ分析結果

各クラスタの学生の時間区分行列の平均は図1の通りである。

どのクラスタも平日の昼から夕方を中心に滞在しているが、クラスタごとに異なる傾向を示していることが分かる。クラスタ1, 2 は記録が平日に満遍なくされている一方で、クラスタ1 は水曜夕方が少なく、クラスタ2 は朝の記録が少なく夕方の記録が多いという傾向が見て取れる。クラスタ3, 5, 6 は平日に同程度に記録されている一方で、それぞれ記録が集中している時間区分に差異がある。クラスタ3 は月曜と水曜の昼から夕方および火曜の夕方に記録が集中しているのに対し、クラスタ5 は火曜に記録が集中し、クラスタ6 は木曜夕方に記録が集中している。クラスタ4 は火曜夕方に記録が集中して特異な時間区分行列となっている。これらは講義時間と学年の影響などが考えられる。

4.2 クラスタと学年の関係

次に、クラスタを分けたときの学年との関係を考察する。表2に学年別構成人数を示す。まず、調査対象に学部4年、修士2年が少ないことや、学年構成に偏りのあるクラスタがあることが分かる。カイ二乗検定を行ったところ、クラスタ3

表2: クラスタと学年の関係。

クラスタ番号	学部1年	学部2年	学部3年	学部4年	修士1年	修士2年	計
1	35	31	14	5	20	1	106
2	1	4	12	0	21	1	39
3	6	7	14	3	4	2	36
4	0	0	1	2	1	0	4
5	33	15	11	0	1	0	60
6	5	6	7	0	0	0	18
計	80	63	59	10	47	4	263

以外は263名全体の学年構成に対して有意差が見られた($p < 0.05$)。低学年の比率が高いクラスタ1に対し、学部3年や修士1年など大学に通いながれた学生の比率が高いクラスタ2は遅めの時間に大学に滞在する傾向があり、時間区分行列によるクラスタリングがうまく働いていることが示唆される。クラスタ5, 6はそれぞれ学部1年が多い、学部生のみであるという特徴が見られる。クラスタ4はサンプル数が少ないため、学年との関係を論じることはできない。

これらの特徴から、学生らの滞在パターンにはばらつきがあり、クラスタの分割には学年の属性が関係しているが、それ以外の属性も関わっていると考えられる。

4 おわりに

本研究では大学生の1週間の行動を曜日と時間に着目し、時間区分行列で表した。そして時間区分行列を用いて、学生間の滞在記録の距離を算出し、学生らの滞在記録によるクラスタを生成した。クラスタ生成時の時間区分行列の特徴と学生らの属性から滞在パターンについて調査したところ、学生らの滞在パターンには学生自身の学年が少なからず関係していることが分かった。

一方で、適切な時間区分の検討が不十分なため今後の課題とされる。そして、現状では学生の属性として有用なデータが学年しかないため、今後他の属性も含めて調査できるようにアンケートなどを実施することが必要となる。

謝辞

データを提供して頂いた名古屋工業大学情報基盤センターに深く感謝する。

参考文献

[1] 末木祐多ら: 定常的交通行動に着目した個人表現に基づく休日の買い物目的地選択モデルと来訪要因分析, 都市計画論文集 2018年 53巻 3号

[2] 金子雄太ら: 視線追跡データを用いた消費者の店舗内購買行動の分析, PACIS2018 主催記念特別全国研究発表大会

[3] 梶岡慎輔ら: BLE ビーコンを用いた位置推定による打刻システムの運用と課題, 情報処理学会 Vol.2016-IOT-35 No.12 Vol.2016-SPT-20 No.12