

Title	製品レイヤーを考慮した計量書誌分析に関する研究
Author(s)	高野, 泰朋; 梶川, 裕矢
Citation	年次学術大会講演要旨集, 29: 859-862
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12579
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

製品レイヤーを考慮した計量書誌分析に関する研究

○高野泰朋, 梶川裕矢 (東工大)

1. 諸言

近年、技術経営の分野では、情報技術を用いた大量の論文・特許情報の分析（計量書誌分析）をすることで、産業上重要な技術を抽出する方法が開発されている。しかし、抽出する技術が「最終製品・モジュール・構成要素の技術」のどのレイヤーのものなのかという構造的視点が欠けている。その為に重要な構成要素の技術を特定しても、他の構成要素の技術と技術水準が異なることにより統合できないことがある。技術水準の中で一番低いところをボトルネックと呼ぶ。ボトルネックを解決することは、製品の性能を向上することにつながる。よって、ボトルネックを正確に把握することは、製品の性能向上の限界を打破する為の施策を考える上で重要である。一方、ボトルネックを抽出する為には、製品の構成要素を把握し、構成要素同士の関係を理解し、それぞれの構成要素の性能数値が高いのか低いのかを判断する等、詳細な情報に精通している必要がある。

その為、技術的内容に踏み込まない従来の計量書誌分析では、ボトルネックを把握することが困難である。本研究では、そこで、論文情報を情報技術によって分析することで、最近注目されている Internet of things(IoT)デバイスのボトルネックの抽出を試みたので、その結果を報告する。

2. IoT のハードウェアの構成要素

IoT とは、あらゆるモノがインターネットを通じて接続され、モニタリングやコントロールを可能にするといった概念・コンセプトのことである[1]。Machine-to-Machine(M2M)も含め、身の回りのあらゆる物にコンピュータが組み込まれ、ネットワークで接続される、といった考え方は、これまでも ubiquitous や pervasive computing 等のキーワードで提唱されてきた。

IoT のハードウェアは通常アンテナ、バッテリー、回路、増幅器、変換器、プロセッサで構成される[2]。IoT デバイスの社会実装のためには、どこにボトルネックがあり、それを解消するにはどのような研究開発が必要かを見定める必要がある。

Rosenberg は技術システム内において、相互依存関係にある要素間で生じた不均衡が生じた時に、その不均衡は、それを解決するために資源が集中して投入される為の焦点化装置として機能することを示した[3]。大学や企業で認識されているボトルネックは、この焦点化装置にあたり、ボトルネックが存在している分野では研究が盛んに行われ、ボトルネックとなっていない分野と比較した時に、多くの論文が生成されると考えることができる。よって、IoT デバイスの構成要素ごとの論文情報を分析することで、どの技術がボ

トルネックになっているかを抽出することができる可能性がある。

3. 構成要素の研究分野ごとの論文分析

3-1. 論文の分析方法

本研究の前提は、ボトルネックが存在する技術は研究開発が活発で従って論文数も多くなるというものである。しかし、研究分野ごとに論文の生産性は異なるので、技術間を論文数で単純に比較できない。従って、論文の出版数を研究分野ごとに時系列分析をする。「論文数が伸びておらず、且つ、論文蓄積が少ない」構成要素は、既に問題を解決し、要求の性能を満たしていると考ええる。「論文数が伸びており、且つ、論文蓄積量が多い」構成要素は、未だ問題が解決されておらず、要求の性能を満たしていないボトルネックと見なす。以上の仮定の妥当性を分析結果を定性的に解釈することで検討する。

データベース Science Citation Index から Web of Science (WoS)により論文を取得した。論文検索のクエリは Appendix I のように設定した。この際、IoT の略称として、In-Orbit Test、Interstation Trunk、Insufficient Offset Time、Intensity Only Thresholding も存在するのでそれを除いた。

以上により取得した IoT 関連論文の各分野にお

ける論文数の推移を分析する。また、IoT の構成要素であるアンテナやバッテリー等との関係を分析するために、各構成要素名を検索の AND 条件として分析を行った。分析対象とする分野は、WoS における論文数上位 3 分野とする（表 1）。

表 1 分析に用いる WoS の分野名

日本語名	WoS 内での英名
電気電子	ENGINEERING ELECTRICAL ELECTRONIC
通信	TELECOMMUNICATIONS
情報システム	COMPUTER SCIENCE INFORMATION SYSTEMS

3-2. 研究分野ごとの論文の分析結果

図 1～3 に 2004 年から 2013 年までの 10 年間に
おける、分野ごとの論文数の推移を示す。

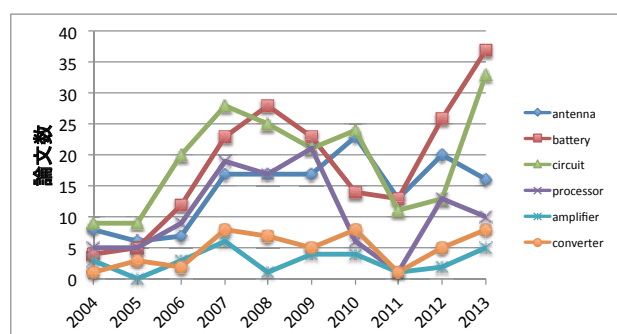


図 1 時系列分析（電気電子）

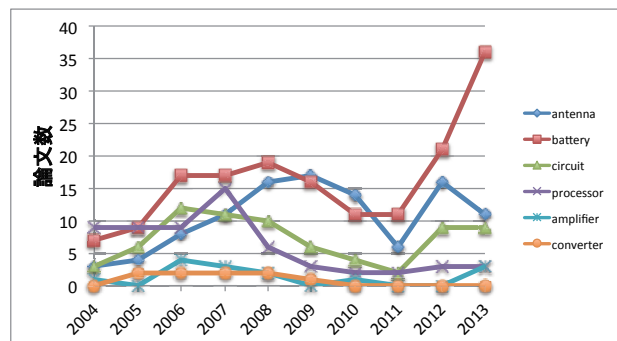


図 2 時系列分析（通信）

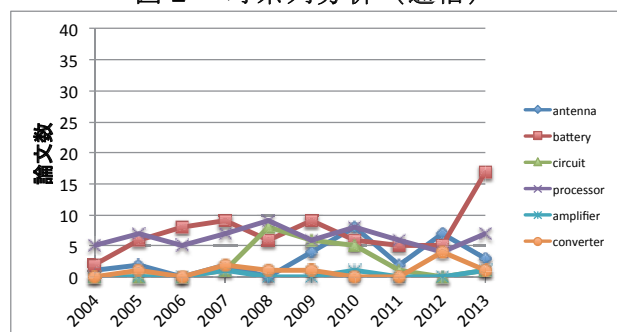


図 3 時系列分析（情報システム）

図 1 では回路の論文が、図 1～3 の全てにおいて
はバッテリーの論文が伸びていることが

示された。

次に、図 4 に 2004 年から 2013 年までの 10 年
間における、WoS の分野ごとの蓄積論文量を示す。
バッテリー、回路、アンテナ、プロセッサ、変換
器、増幅器の順に蓄積量(当該年度までの論文数の
積分値)が多いことが示された。

ボトルネックは製品やサービス、システム全体
の性能に影響を及ぼすことから、広範囲の分野に
おいて論文数の成長および蓄積が観測されるは
ずである。

以上により、論文数が伸びており、且つ、
論文蓄積量が多いバッテリーが、IoT のボトルネ
ックではないかということが示唆された。

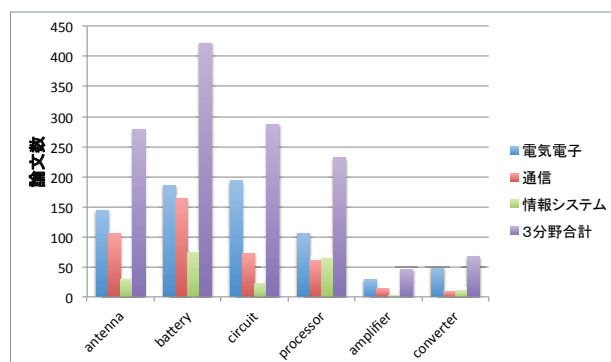


図 4 蓄積論文数

4. 抽出したボトルネックの定性分析

近年注目されている IoT のアプリケーションの
一つに BAN(Body Area Network)がある。BAN は、
医療やヘルスケアに向けた、非常に近距離の無線
通信ネットワークであり、通信機器を人体に身に
着けたり（ウェアラブル）、人体の内部に機器を
埋め込むことで（インプラント）通信を行う[4]。
この BAN を対象に、BAN の社会実装におけるボ
トルネックを記述し、それを基に、本研究で抽出
されたボトルネックの候補バッテリーの妥当性
を議論する。

まずは、BAN におけるバッテリー等の動力源に
関する研究開発の現状を簡単にまとめる。病院の
病室など、デバイスに身に付けずに、固定してい
る場合には、バッテリーの大きさは大きな問題で
はない。しかし、デバイスを身に付ける場合には、
電力を確保する為には大きなバッテリーを要し
邪魔になり、深刻な問題となる[5]。これまでに大
きく分けて「バッテリー」と、「バッテリー以外」
の 2 つアプローチで研究がなされている。

4-1. バッテリーの研究

より容量を大きく、体積を小さく、寿命を長く
することが研究の目的である。しかし、バッテリー
容量拡張は年間 1 % 程度の向上が期待されて

いるものの、今後も大きなボトルネックとなり続けるということが指摘されている[6]。更に、高齢者を対象とする場合、充電のし忘れなども問題となる。また、1兆個センサー時代には、それらのセンサーの電池の充電や交換をすることは手間が掛かるという問題もある。

4-2. バッテリー以外の研究

A. 消費電力低減（高効率化）の研究

バッテリーの高容量化・小型化に加え、モジュールの省電力化が重要である。現状は、例えば富士通研究所とオランダ imec Holst Centre は2014年2月、BANに向けた超低消費電力の送受信回路を開発した。脳波や画像の通信が可能な高速モード（4.5M ビット/秒）と、センサーノードの動作待機時に向けた低速・低電力モード（11.7k ビット/秒）の二つの独自モードに対応させた。4.5M ビット/秒という高速のデータ通信速度でありながら、受信 1.6mW、送信 1.8mW という極めて低い消費電力を実現したことが最大の特徴である[4]。しかし、理想的には、BAN のシステム全体で消費電力は 1mW 以下[7]に抑えることが望まれている。

B. 環境電池（Energy Harvesting）の研究

環境電池とは、周囲の環境からエネルギーを抽出し電力に変換する技術である。電力太陽電池は商業化されている身近な環境電池のひとつであるが、医療用デバイスは衣類の下に装着されることや、屋内で使用されることを考えると適さない。よって、医療用環境電池としては、体温や運動量等を電力変換する研究が行われている。例えば、運動量に関する研究では、Mitcheson らの研究があり、人間や機械の動きを電力変換し無線通信デバイスの環境電池として用いている[7]。理論的には最大電力値は式(1)のようになる。

$$P_{\max} = \frac{2}{\pi} Y_0 Z_l \omega^3 m \quad (1)$$

このとき Y_0 は振幅、 Z_l は内部変位、 ω は周波数、 m は試験質量を示す。式(1)から、試験質量と移動量、および周波数に比例することがわかる。これにより、BAN 用の装着が型デバイスの中に環境電池を収めることを考えた時、サイズが小さくなるにつれて電力が減少することや、人間の動きが低周波数のときには強い電力が得られないなど、幾つかの課題が示された。1Hz と 10Hz の時（参考：身長 174cm の男性の歩行周波数が 1.9Hz[8]）に、試験質量密度が 20g/cc のものが、体積の半分を可動域とした場合を考える。式(1)を用いて計算すると、携帯電話（スマホ）を稼働させるだけの環境電池は、現状本体自身と同じ程度の大きさを要し[7]、現状実用化には遠いことが示された。

5. 結論

IoT 技術の論文分析によりバッテリーがボトルネックとして抽出され、定性分析を行うことでその妥当性が確認できた。しかし、本研究ではバッテリーやアンテナなど IoT の構成要素に関して予め定めたクエリをもとにした分析であり、計量書誌分析を用いた構成要素自体やクエリの自動抽出は今後の課題である。また、書誌分析により抽出されたボトルネック候補の妥当性はある程度確認できたものの、他にボトルネックが存在するか否かの検証や、BAN 以外のアプリケーションにおける分析、構成要素とアプリケーションの関係性を踏まえた計量書誌分析も今後の研究課題である。

6. 参考文献

- [1] Atzori, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. "The internet of things: A survey." *Computer networks* 54.15 (2010): 2787-2805.
- [2] 清尾克彦, "M2M (Machine to Machine) 技術の動向と応用事例," Retrieved 28/01/2013 World Wide Web http://www.cyber-u.ac.jp/bulletin/0005/pdf/0005_02.pdf
- [3] Rosenberg, Nathan. "The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices." *Economic Development and Cultural Change* (1969): 1-24.
- [4] 大下 淳一, "BAN とは," Retrieved 17/02/2014 World Wide Web <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/WORD/20140217/334502/?ST=health&P=2>
- [5] Darwish, Ashraf, and Aboul Ella Hassanien. "Wearable and implantable wireless sensor network solutions for healthcare monitoring," *Sensors* 11.6 (2011): 5561-5595.
- [6] 大元隆志, "Google が目指すクラウドの先 2020 年「未来のデバイス」のカタチ," Retrieved 12/2012 World Wide Web <http://www.projectdesign.jp/201212/google/000230.php>
- [7] Mitcheson, Paul D., et al. "Energy harvesting from human and machine motion for wireless electronic devices." *Proceedings of the IEEE* 96.9 (2008): 1457-1486.
- [8] 中山敦志, 中野公彦, 斉藤俊, "337 人の歩行周期と共振する機構を用いた携帯型発電器," *Dynamics and Design Conference: 機械力学・計測制御講演論文集 D & D 一般社団法人日本機械学会*(2001): 88.

7. 謝辞

東京工業大学久保田修年氏にはデータ収集を手伝って頂きましたことに感謝致します。

Appendix I. クエリ

NO.	構成要素	
1	アンテナ	((ubiquitous)AND(antenna))
2		((("perasive computing")AND(antenna))
3		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(antenna))
4	バッテリー	((M2M)OR("machine to machine"))AND(antenna)
5		((("perasive computing")AND(battery))
6		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(battery))
7	回路	((ubiquitous)AND(circuit))
8		((M2M)OR("machine to machine"))AND(battery)
9		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(circuit))
10	プロセッサ	((("perasive computing")AND(circuit))
11		((M2M)OR("machine to machine"))AND(circuit)
12		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(circuit))
13	アンプ	((ubiquitous)AND(processor))
14		((("perasive computing")AND(processor))
15		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(processor))
16	コンバーター	((M2M)OR("machine to machine"))AND(processor)
17		((("perasive computing")AND(ampifier))
18		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(ampifier))
19	コンバーター	((ubiquitous)AND(converter))
20		((("perasive computing")AND(converter))
21		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(converter))
22	アンテナ	((ubiquitous)AND(antenna))
23		((("perasive computing")AND(antenna))
24		((("internet of things")OR(LoT))NOT(("in orbit test")OR("interstation trunk")OR("insufficient offset time")OR("intensity only thresholding"))))AND(antenna))

組み合わせる検索クエリのリスト