慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	意味の計算 : セマンティック•コンピューティングの世界
Sub Title	
Author	清木, 康(Kiyoki, Yasushi)
Publisher	慶應義塾大学湘南藤沢学会
Publication year	2013
Jtitle	交通運輸情報プロジェクトレビュー No.22 (2013.) ,p.11- 18
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	2013年度慶應義塾大学JR東日本寄附講座報告書 慶應義塾大学交通運輸情報プロジェクト その1 : JR東日本寄附講座担当教員の活動報告
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO92001006-00000022-0011

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

意味の計算：セマンティック・コンピューティングの世界

清木　康　(Yasushi Kiyoki)
*Graduate School of Media and Governance, Keio University, SFC
5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252, Japan
kiyoki@sfc.keio.ac.jp, www.mdbl.sfc.keio.ac.jp

研究組織

研究代表者：　清木　康(慶應義塾大学環境情報学部、政策・メディア研究科)
研究担当者：倉林　修一(慶應義塾大学環境情報学部)
慶應義塾大学 SFC・清木研究室(MDBL)
Jeremy Hall(慶應義塾大学政策・メディア研究科)
佐々木史織(慶應義塾大学政策・メディア研究科)
浦木麻子(慶應義塾大学政策・メディア研究科)
高安英子(慶應義塾大学 SFC 研究所, JR 東日本交通運輸情報プロジェクト派遣研究員)

1．はじめに

近年のデータベース、知識ベースシステム研究の主要な対象は、グローバルに繋がれた多様なマルチメディア情報源、知識源を連結し、それらを対象とした共有、検索、統合、分析、配信による情報、知識の記憶系の実現である。現在、記憶系を適用する基本的な対象として、（1）時空間コンピューティングシステム(Spatio-Temporal Computing System)、（2）マルチメディアシステム、（3）ビッグデータ分析(Big Data Analysis)、（4）ソーシャル・コンピューティング、（5）環境分析システム、（6）ユビキタス・コンピューティング、（7）クロスカルチェル・コンピューティングなどがあり、それらを応用したシステムの構築が活発である。これらの機能は、メディアデータを対象とした新たな記憶蓄積、共有、統合、想起、配信環境を実現する本質的な機能であり、社会やコミュニティーが情報および知識を生成、伝達、発信するための新しい多くの応用を開拓するベースとなるものとして期待されている。

このような背景の中で、２０１１年度より、ＳＦＣ政策・メディア研究科と理工学研究科の連携により、地球規模での社会、自然環境を対象としたグローバル環境システムを探求するＧＥＳＬプログラム(http://gesl.sfc.keio.ac.jp/en/)がスタートした。我々人類は、地球上において覇権を握る生命体として、地球規模での自然および社会環境の永続的維持、改善を最重要な使命として実現しなければならない状況に直面している。その永続的環境維持・改善のために必要なものは、個々の人間の環境への意識と知識に加えて、環境維持・改善のための技術的システム、社会的システム（社会ルール）の設計・構築能力を基礎とするリーダーシップの実現である。ＧＥＳＬプログラムは、このような地球規模での環境の永続的維持と改善の実現をリードするために必要な意識、知識、技能を有し、地球規模での環境を対象とし

た技術的システム、社会的システムを設計・構築する“グローバル環境システム・リーダー”の養成を目指すものである。現在および近未来の地球環境の永続的な維持と改善をリードする専門家として、全地球的な規模での環境への視野と高い意識と知識を持ち、さらに、技術的システム、社会的システムの両者の設計・構築を行うことができる人材の養成は不可欠であり、そのような人材を養成する博士教育システムの実現は緊急を要する。本プログラムは、世界を牽引するリーダーを養成する世界レベルの大学院教育拠点の形成を目指し、“グローバル環境システム”大学院教育拠点の国際展開力として、国際的な高水準大学・研究機関、および、環境問題を抱える地域の国際的大学・研究機関との国際産・学・NPO 連携研究指導体制を確立し、グローバル環境システム構築の国際的なリーダーとなる人材を育成する。そのために必要となる意識、知識および創造的技能を育む価値生成プロセスを構築し、そのプロセスを社会へ広く伝搬する。本プログラムは、多様な側面を有する環境問題に対して、科学技術基盤と社会ルール立案基盤を有し、国際社会を先導できる人材を、政策・メディア研究科、理工学研究科、国際研究機関が協力してグローバル環境システムリーダーとして育成し、国際社会への貢献を目指す。

我々の研究室（KEIO SFC MDBL)では、マルチメディア・データベースシステム研究、ビッグデータ・マイニング研究、および、マルチメディア感性装飾システム研究を主要テーマとして、次のような多様なデータベース、知識ベースシステムに関する研究活動を行ってきた。２０１３年９月には、その基本のアイディアである意味的連想検索方式とその応用について、下記の IEEE Semantic Computing 国際会議の keynote speech として講演を行った[5]。(Yasushi Kiyoki., “A *“Kansei”* Multimedia Computing System for Environmental Analysis and Cross-Cultural Communication,” 7th IEEE International Conference on Semantic Computing, keynote speech, Sept. 2013.)

２．意味的連想検索とセマンティック・コンピューティング

人間のもつ基本機能には、大きく分けて肉体的機能と精神的機能があり、肉体的機能の代表的なものには、運動と呼吸がある。精神的機能には、感情、意識、記憶、思考などがあり、具体的には、認知(Recognition) 、知覚(Perception)、記憶(Memory: 学習(Learning)、記憶定着(Consolidation)、記憶保持(Maintenance)、想起(Recall))、 感情・感性(Emotion)、意識(Consciousness, Awareness)、注目(Attention)、思考(Thought) 、想像(Imagination) 、創造(Creativity) 、抽象(Abstraction) 、言語(Language) がある。コンピュータ科学(Computer Science)分野の研究の多くは、人間のもつこれらの精神的機能の実現に向けてのアプローチである。ここでは，人間の記憶系と情報システムの記憶系について考えてみる。人間の記憶系には、１つの情報が外界から入ると、自分の脳が憶えている記憶の中から、文脈、状況に応じて、その情報と意味の近い、あるいは、関連する記憶を瞬時に想起することができるという優れた能力がある。これは、１つの情報が入ると、その時の状況や文脈に応じて、意味の近い情報を瞬時に引き出すこ

とができるという能力である。一方、コンピュータシステムにおける記憶系は、1つの情報が外界から入ると、広く世界規模で連結されたネットワークを介して、多くの情報源を対象として、それらの中から同じパターン（文字列など）を有する情報源を瞬時に引き出すことができる。すなわち、人間の記憶系は、自分の記憶系が蓄積した記憶だけを対象とするが、意味や文脈の解釈を伴った、とても深い記憶想起を行い、一方、情報システムの記憶系は、広範囲の情報源を対象として、単純なパターンの照合による記憶想起を行うことを特徴とする。コンピュータ科学の分野での代表的な記憶系は、データベース、あるいは、知識ベースといわれるもので、それらは実際の社会で広く用いられている。この分野が目指すシステムの構成は、図1に示すような機能群である。

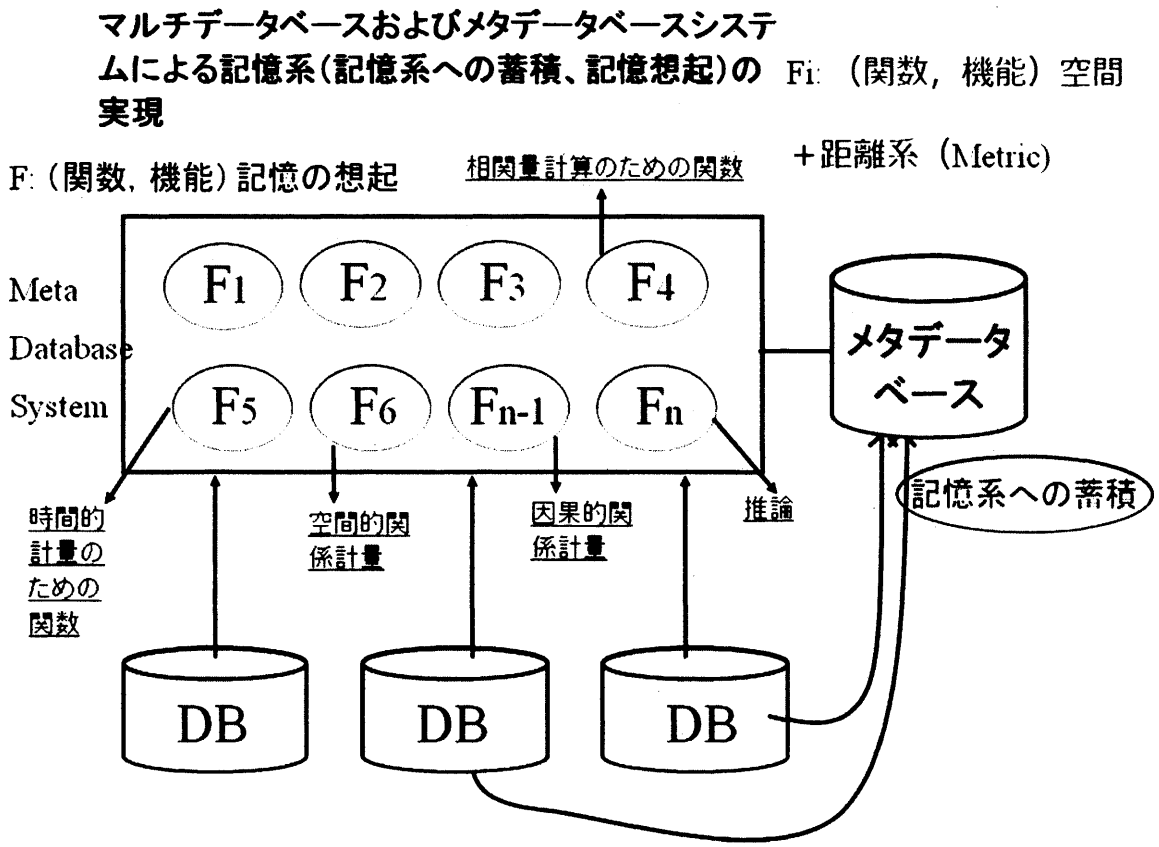

図1　マルチデータベースとメタデータベースシステムによる記憶系の構成

データベース、知識ベース研究を進めていくと、人間とコンピュータでは記憶系には大きな差があることがわかる。人間は文脈や状況に応じて記憶想起をダイナミックに変えることができる。人間は状況や文脈を判断して記憶想起するという大変優れた記憶系をもっている。

そこで、人間の記憶系が有する優れた機能の一部だけでもコンピュータシステム上に実現できれば、我々は、より深い知識を世界規模に広がった広範囲の情報源から獲得で

きることになる。そのような記憶系の実現を目指した研究の一端を紹介したい。

これまでのデータベースの多くは、「一つの言葉は一つの意味を持つ」という前提で作られていたが、筆者（清木康、北川高嗣）は、データ間の意味的、感性的な等価性、類似性、関連性を“状況や文脈”に応じて動的に計算する計量モデルとして、“意味的連想検索方式”を考案し、1993年に最初の論文を発表し、今に続く研究のベースとなっている[1],[2],[3]。この方式は、多次元意味空間を構築し、その上に言葉や画像、音楽といったオブジェクトを配置することを特徴とする。

３．感性や意味の計量による記憶系の応用

意味的、感性的計量機能をもつ”意味的連想検索方式”は、異種メディア間の感性的な統合、あるいは、方法論の間の境界を超えて、それぞれの学術分野有する知識の統合／集約と共有の実現の可能性を拡大する。このを対象によって構築した代表的な応用システムとして、（１）英英辞書を用いた２０００次元意味空間上での“多言語対応画像・感性検索システム”、（２）４１５次元の環境意味空間と４３６次元の医学意味空間の“統合意味空間”、（３）画像を対象とした１３０次元の“色彩意味空間形成”と画像分析による自然環境分析システム、（４）１３０次元の色彩意味空間による“クロスカルチャー・コミュニケーションシステム（異文化コミュニケーション・システム）”について、それらの概要を示す。

（１） 多言語対応画像・感性検索システム

図２に示すように、画像・感性検索の対象とする印象語群の英単語とそれに対応する多言語の単語の対応を知識として設定すると、それらの単語を2000次元の意味空間へ写像することが可能になる。このシステムは、この対応関係によって、意味空間に写像された画像群とこれらの多言語の単語との間で、意味的連想記憶系での距離計算により意味的な近さを計量し、近い距離の順に画像あるいは単語をランキングすることにより、記憶想起系を実現する。そのシステムの構成を図３に示す。ここでは、メタレベル・システム(Meta-level System)に”意味的連想検索”システムを設定し、異文化の画像、多言語をその意味空間上に写像し、そこでの距離計算により、多言語対応画像・感性検索を実現する[9]。

Cross-cultural Communication
with *"Kansei"* information

English	Finnish	Japanese	Chinese	Thai
Silent	äänetön	静かな	静的	เงียบ
Quiet	hiljamen	静かな	静的	เงียบสงบ
Calm	tyym	穏やかな	安静的	ใจเย็น
Powerful	voimakas	力強い	強壮的	มีพลัง
Pleasant	miellyttävä	楽しい	令人愉快的	น่ายินดี
Sad	surullinen	悲しい	悲哀的	เสียใจ
Dark	tumma	暗い	暗的	มืด
Dynamic	dynaaminen	ダイナミックな	動態的	มีพลัง
Strong	vahva	強い	強大的	แข็งแรง
Light	valoisa	軽い	光	สว่าง
Brave	rohkea	勇敢な	勇敢	กล้าหาญ
Cloudy	pilvinen	混雑した	多雲	ครึ้ม
Exciting	jännittävä	興奮した	令人興奮的	ตื่นเต้น

図２　"多言語対応画像・感性検索システム"の構成

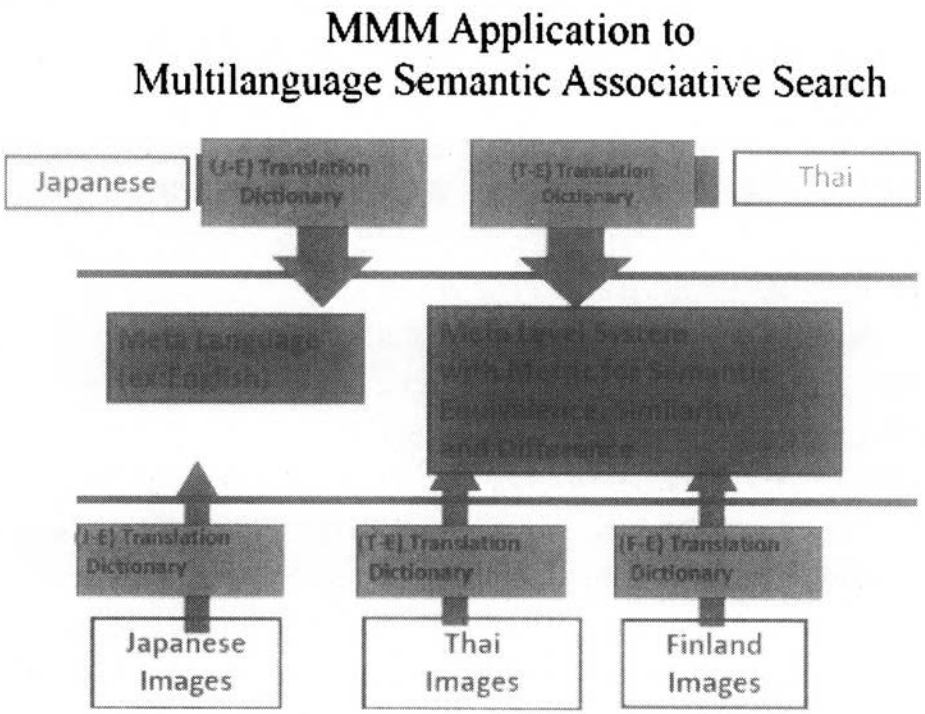

図３　"多言語対応画像・感性検索システム"の構成

（２） 異分野の意味空間統合による統合意味空間の構築([3],[5],[6])

統合意味空間の構築では、第１プロセスとして、“意味的連想検索方式”を４６９環境主要語（キーワード）と４２５特徴属性語により、４１５次元の環境意味空間、６９０医学主要語（キーワード）と４３７特徴属性語により、４３６次元の医学意味空間を構築する。これらの空間は、環境分野、医学分野を対象とする異なる空間であるが、それらの間には共通するキーワードや特徴属性が存在する。そこで、第２プロセスとして、それらの共通部分については共通キーワード、共通特徴属性として統合(統一化）し、異なる部分については独立なキーワード、独立特徴属性として表現し、環境空間と医学空間の統合意味空間を構築する。この方法により、環境空間と医学空間による異分野横断・統合意味空間の構築を実現する。この統合空間の構成により、環境分野のキーワードに関連する医療情報源の獲得、医療分野のキーワードに関連する環境情報源の獲得が可能になり、それら異分野知識の記憶想起を他分野の知識からアプローチ可能になる。

（３） 画像を対象とした１３０次元の“色彩意味空間形成”と画像分析による自然環境分析システム、

１３０色の色彩により約１３０次元の色彩意味空間を形成し、画像および言葉を１３０色の色彩によって表現することにより、画像間や画像と言葉の意味的距離を計量するシステムを構築した。このシステム上に、自然災害の兆候や現象を表す画像を写像し、実世界を表す映像を画像列として写像し、実世界における環境変化や異常を検知、分析する自然環境分析システムを実現した。このシステムは、ビデオカメラによる実世界映像のセンシング(sensing)、その画像を対象とした色彩意味空間での距離計算による環境変化や異常の検知(processing)、変化や異常検知時の警告情報配信と可視化(analysis and actuation)からなる“SPA プロセス”として実現している。

（４） １３０次元色彩意味空間による“クロスカルチャー・コミュニケーションシステム（異文化コミュニケーション・システム）”([5])

異文化間での感性と画像による異分野理解のためのコミュニケーションシステムとして、KEIO SFC MDBL と Tampere University of Technology(Finland)との間で３D Cyber Space Museum を構築し、その Museum に図４に示す１３０次元色彩意味空間上に、フィンランドと日本の文化を表す画像を配置し、それらの画像および印象を表す言葉を配置し、双方の文化を画像と印象語だけを用いて表す異文化コミュニケーション・システムを構築した。その後、このシステムは、タイのNECTEC研究所におけるDigitized Thailand Project において採用され、タイの伝統絵画を鑑賞し、文化を表すシステムとして利用されている。

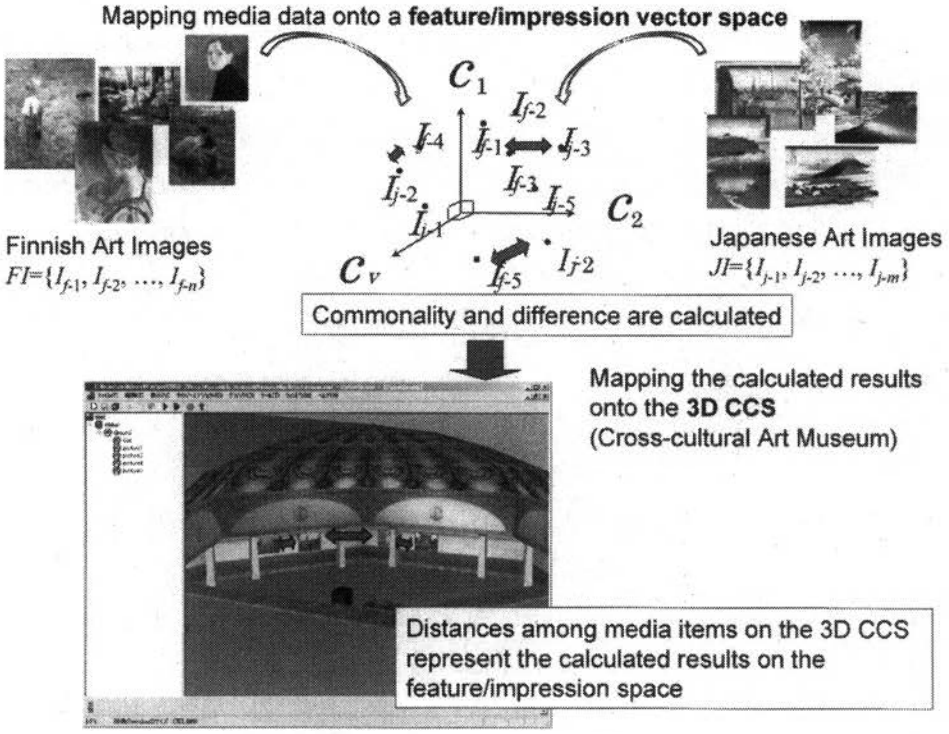

図４　3D Cross-Cultural Image Museum System

４．おわりに

意味的、感性的計量機能をもつ”意味的連想検索方式”は、異種メディア間の感性的な統合、あるいは、方法論の間の境界を超えて、それぞれの学術分野有する知識の統合／集約と共有の実現の可能性を拡大する。意味や感性を計算する記憶系の実現に向けて、極めて重要で本質的な機能群を強化し、記憶系システムとしての体系化を探っていくことが重要である。

情報化社会におけるメディア・データ（画像、音楽、動画、文書など）の創造や利用の拡大は、我々の情報共有・獲得の環境を劇的に変化させている。それらのメディア・データを共有・検索・統合する記憶系であるデータベース、知識ベースは、情報化社会を支える最も主要な要素として重要である。メディア・データの供給の多様化・大規模化に伴って、それらを対象とした新たな記憶系の構築が期待されている。また、映像、メディアアート、クロスカルチャル・コンピューティングなど、文化や芸術の分野とデータベースの新たな融合についても、新しい方法論を開拓していくことが重要である。我々は、今後も``マルチメディア・データベースシステム研究''、``マルチメディア感性装飾システム研究”において、映像、音楽、画像、行動情報、移動情報などの多様なメディアデータを対象とし、意味、感性、時間、空間といった高度な連想機能を有する新しいマルチメディアデータベース、知識ベースおよびシステムの設計・構築とグローバル環境システムへの応用を探究していく。

References

[1] Kiyoki, Y. Kitagawa, T. and Hayama, T.: A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, ACM SIGMOD Record, vol. 23, no. 4, pp.34-41, 1994.

[2] Kiyoki, Y, Kitagawa, T. and Hayama, T.: A Metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, Multimedia Data Management -- using metadata to integrate and apply digital media--, McGrawHill(book), A. Sheth and W. Klas(editors), Chapter 7, 1998.

[3] Kiyoki, Y. and Ishihara, S.: A Semantic Search Space Integration Method for Meta-level Knowledge Acquisition from Heterogeneous Databases, Information Modeling and Knowledge Bases (IOS Press), Vol. 14, pp.86-103, May 2002.

[4] Kiyoki, Y., Sasaki, S., Nhung Nguyen Trang, Nguyen Thi Ngoc Diep, "Cross-cultural Multimedia Computing with Impression-based Semantic Spaces", Conceptual Modelling and Its Theoretical Foundations, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp.316-328, March 2012.

[5] Kiyoki, Y., "A *"Kansei"* Multimedia Computing System for Environmental Analysis and Cross-Cultural Communication," 7th IEEE International Conference on Semantic Computing, keynote speech, Sept. 2013.

[6] Kiyoki, Y. and Chen, X.: A Semantic Associative Computation Method for Automatic Decorative Multimedia Creation with "Kansei" Information, Invited paper, The Sixth Asia-Pacific Conference on Conceptual Modelling (APCCM 2009) , 9 pages, Jan. 2009.

[7] Trang N. N., Sasaki S. and Kiyoki, y., " A Cross-Cultural Music Museum System with Impression-based Analyzing Functions," Proceedings of IADIS e-Society 2011 Conference, Avila, Spain, 8 pages, March 2011

[8] Sasaki, S., Takahashi, Y, Y., Kiyoki, Y., "The 4D World Map System with Semantic and Spatiotemporal Analyzers," Information Modelling and Knowledge Bases, Vol.XXI, IOS Press, 18 pages, 2010.

[9] Suhardijanto, T., Yasushi Kiyoki, Ali Ridho Barakbah, "A Term-based Cross-Cultural Computing System for Cultural Semantics Analysis with Phonological-Semantic Vector Spaces," Information Modelling and Knowledge Bases XXIII, pp.20-38, IOS Press, 2012.