

# 時空間方向代数とその異種システム間ログ分析への応用

吉田 尚史<sup>†</sup> 宮崎 淳<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 駒澤大学 グローバル・メディア・スタディーズ学部

〒 154-8525 東京都世田谷区駒沢 1-23-1

<sup>††</sup> 富士ゼロックス株式会社

〒 259-0157 神奈川県足柄上郡中井町境 430 グリーンテクなかい

†naofumi@komazawa-u.ac.jp, ††jun.miyazaki@fujixerox.co.jp

あらまし 本稿では、時空間方向代数とその異種システム間ログ分析への応用について述べる。時空間方向代数とは、物理的および電子的なオブジェクトの時間・空間・向きに関する振舞いを記述可能とした数学体系である。我々はすでに、この代数系を定義し、それをユビキタス環境のオブジェクトの振舞い記述によるメタデータ自動抽出、および、組織内協調作業の高速なメタデータ抽出に応用している。本稿では、その代数系を複数の異種情報システムのログを対象とした分析に応用し、実験により、その実現可能性、有効性について議論する。

キーワード ログ分析, 時空間, 向き, 時空間方向代数

## Time-Space-Direction Algebra and its Application to Log Analysis for Heterogeneous Information Systems

Naofumi YOSHIDA<sup>†</sup> and Jun MIYAZAKI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Global Media Studies, Komazawa University

1-23-1, Komazawa, Setagaya, Tokyo 154-8525, Japan

<sup>††</sup> Fuji Xerox Co., Ltd.

430, Sakai, Nakaimachi, Ashigara-Kami-Gun, Kanagawa 259-0157, Japan

†naofumi@komazawa-u.ac.jp, ††jun.miyazaki@fujixerox.co.jp

**Abstract** In this paper, we describe about the time-space-direction algebra and its application to log analysis for heterogeneous information systems. A time-space-direction algebra is a mathematical form that enables us to describe physical and electronic objects with temporal, spatial, and directional features. We have proposed the algebra and its application to an automatic metadata extraction for behaviors of physical and electronic objects in ubiquitous environment, and collaborative work. In this paper we discuss the feasibility and effectiveness of the application to log analysis for several heterogeneous information systems by experimental results.

**Key words** Log Analysis, Spatial and Temporal, Direction, Time-Space-Direction Algebra

### 1. はじめに

組織が存続し続ける重要な要素は、組織内外の知識を効率よく収集し、再活用し、さらに、それらを新たなイノベーションに活用する方法にある。組織で日夜生成され続けるドキュメントのみならず、会議における知識の保存、再活用が求められている。また、一方で、組織はその活動に対する透明性および説明責任 (Accountability) が求められている。説明責任を果たすためには、組織内活動における複数の情報システムの記録の観測可能性および制御可能性、そして、組織内の情報の内部統制 (Internal Control) が重要な課題である。

組織内ではさまざまドキュメントマネジメントシステム、メールシステムが稼働運用されている。また、会議キャプチャの試みもなされている [12], [14]。これらの情報システムの記録であるログを対象として統一的に記述し、演算を施すことにより、組織内活動に関わる人の行動記録、ドキュメントの操作履歴などを集約し、観測することが可能となると考えられる。すなわち、複数の情報システムのログ分析を行うことにより、組織内活動の知識の保存および再活用が可能となると考えられる。

ログ収集・分析については、複数の情報システムのログを集約する既存の多くの研究開発がある (例えば [4])。さらに、これらのログ分析について、情報システムコントロール協会 (ISACA,

米国) が示す IT ガバナンスの実践規範 COBIT [27] においても、重要な要素として示されている。

一方、近年、ユビキタスコンピューティングの研究分野では、さまざまなセンサネットワーク環境が実現されている。センサー群は、RFID、赤外線タグ、GPS といった時間と空間の情報を持つログを生成している。加えて、これらのシーケンスを分析し意味を与えることが可能となってきた [1], [8] ~ [10], [16], [20]。さらに、オブジェクトの動作をメタデータとして抽出する場合には、オブジェクトの位置、時間、更にオブジェクトの向きを導入し高度化する方法 [15] も有効である。さらに、時間的な二項演算 [3] [17] や空間的な二項演算 [18] についても、多くの研究がある。

このような背景において、我々は、時空間方向代数 (Time-Space-Direction Algebra) を提案している [24]。時空間方向代数とは、物理的および電子的なオブジェクトの時間・空間・向きの要素の動きを記述可能とした数学体系である。我々はすでに、この代数系を応用し、ユビキタス環境のオブジェクトの振舞いと、それに対応する高次のメタデータ記述の対をあらかじめ与えておくことにより、物理的・電子的なオブジェクトの低次のデータ集合を組織内活動の知識の保存および再活用を目的とした高次のメタデータとして抽出することに応用している。

本稿では、時空間方向代数とその異種システム間ログ分析への応用について述べる。具体的には、ユビキタス環境におけるオブジェクト (人など) の物理的移動と、異種の情報システムが含まれた環境において、時空間方向代数を用いてそれらの両方を統一的に記述可能であることを示し、現実に近い状況における本代数の実現可能性、有効性について議論する。

## 2. 時空間方向代数

ここでは、我々の示す時空間方向代数 (Time-Space-Direction Algebra) [24] の概要を述べる。

### 2.1 データ構造

本代数で用いるデータ構造の定義 [24] を下記に示す。

全ての物理的および電子的オブジェクト (本代数の対象となるオブジェクト) は、次の基本要素を有する。

- ID (オブジェクトの識別子)
- Point1 ( $x_1, y_1, z_1$ : オブジェクトの空間的属性, 3次元の場合)
- Point2 ( $x_2, y_2, z_2$ : Point1 から Point2 へのベクトルとして定義されるオブジェクトの向き)
- Timestamp (Date および Time)

全てのオブジェクトは ID により識別される。オブジェクトの時間的属性は Timestamp により定義される。空間的属性は Point1 により定義される。向きは Point1 から Point2 へのベクトルとして定義される (図 1)。ここで、Point1 から Point2 へのベクトルの大きさは無視し、対象オブジェクトの向きのみを考える。

演算の対象となるオブジェクトのスナップショットを記述することを目的としたタプル (“tuple”) を、次のように定義する。

$$(ID, x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, t)$$

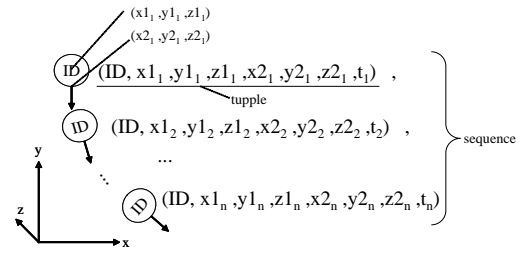


図 1 時空間方向代数におけるデータ構造

最後に、オブジェクトの時間的、空間的、および向きの特徴のシーケンス (sequence) を記述するための “sequence” を次のように定義 [24] する (図 1)。

$$\begin{aligned} & (ID, x_{11}, y_{11}, z_{11}, x_{21}, y_{21}, z_{21}, t_1), \\ & (ID, x_{12}, y_{12}, z_{12}, x_{22}, y_{22}, z_{22}, t_2), \\ & \dots, \\ & (ID, x_{1n}, y_{1n}, z_{1n}, x_{2n}, y_{2n}, z_{2n}, t_n) \end{aligned}$$

このデータ構造 “sequence” は、オブジェクト  $ID$  の時刻  $t_n$  における座標  $(x_{1i}, y_{1i}, z_{1i})$ 、および、そこからの相対座標  $(x_{2i}, y_{2i}, z_{2i})$  で示される向きの順序集合により表現される。

### 2.2 演算系

次に、前節で定義したデータ構造を対象とした演算系を定義する。次の 5 種に分類して定義 [24] する。

- Temporal Comparison-Bi-Operators (時間的 2 項演算子)
- Spatial Comparison-Bi-Operators (空間的 2 項演算子)
- Arithmetic-Bi-Operators (算術的 2 項演算子)
- Uni-Operators (単項演算子)
- Matching-Operators (比較演算子)

#### 2.2.1 Temporal Comparison-Bi-Operators (時間的 2 項演算子)

文献 [2] により示されている 2 オブジェクト間の時間的関係についての 2 項演算子は、 $before_t$ ,  $after_t$ ,  $during_t$ ,  $contains_t$ ,  $overlaps_t$ ,  $overlappedby_t$ ,  $meets_t$ ,  $metby_t$ ,  $starts_t$ ,  $startedby_t$ ,  $finishes_t$ ,  $finishedby_t$ , および、 $equals_t$  (図 2 の (a)) である。

これらの演算子は、分配則および結合則を満たす。これらの演算子は、演算子  $equals_t$  を除き交換則を満たさない。演算子  $equals_t$  のみが交換則を満たす。

#### 2.2.2 Spatial Comparison-Bi-Operators (空間的 2 項演算子)

文献 [7] により示されている 2 オブジェクト間の空間的関係についての 2 項演算子は、 $disjoint_s$ ,  $contains_s$ ,  $inside_s$ ,  $equal_s$ ,  $meets_s$ ,  $covers_s$ ,  $coveredby_s$ , および、 $overlaps_s$  (図 2 の (b)) である。

これらの演算子は、分配則および結合則を満たす。これらの演算子のうち、 $'equals_s'$ ,  $'disjoint_s'$ ,  $'meets_s'$ , および  $'overlaps_s'$  のみが交換則を満たす。それ以外の演算子は交換則を満たさない。

operators	relationship
$o1 \text{ before}_t o2$	
$o1 \text{ after}_t o2$	
$o1 \text{ during}_t o2$	
$o1 \text{ contains}_t o2$	
$o1 \text{ overlaps}_t o2$	
$o1 \text{ overlapped}_t o2$	
$o1 \text{ meets}_t o2$	
$o1 \text{ metby}_t o2$	
$o1 \text{ starts}_t o2$	
$o1 \text{ startedby}_t o2$	
$o1 \text{ finishes}_t o2$	
$o1 \text{ finishedby}_t o2$	
$o1 \text{ equals}_t o2$	

(a)

operators	relationship
$o1 \text{ disjoint}_s o2$	
$o1 \text{ contains}_s o2$	
$o1 \text{ inside}_s o2$	
$o1 \text{ equal}_s o2$	
$o1 \text{ meets}_s o2$	
$o1 \text{ covers}_s o2$	
$o1 \text{ coveredby}_s o2$	
$o1 \text{ overlaps}_s o2$	

(b)

図 2 時空間方向代数における時間的 2 項演算子 (a), および, 空間的 2 項演算子 (b)

operators	output
$o1 \text{ add}_s o2$	
$o1 \text{ mult}_s o2$	

図 3 時空間方向代数における算術演算子

### 2.2.3 Arithmetic-Bi-Operators (算術 2 項演算子)

本代数における算術演算子を次のように定義する.

- $add_t(o1, o2)$ : 一方の sequence と他方の sequence を時間的に加算した結果を返す. この演算は論理和 (OR) に対応する.
- $difference_t$ : 一方の sequence と他方の sequence を時間的な差を結果として返す.
- $mult_t(AND)$ : 一方の sequence と他方の sequence の時間的な共通部分を返す. この演算は論理積 (AND) に対応する.
- $division_t$ : 一方の sequence のうち, 他方の sequence に時間的に対応する部分を返す. この演算は関係代数 [5] における division に対応する.
- $add_s(o1, o2)$ : 一方の sequence と他方の sequence を空間的に加算した結果を返す. 一方の sequence の領域と他方の sequence の領域を空間的に加算した結果生成される sequence を返す (図 3).
- $difference_s$ : 一方の sequence と他方の sequence の空間的な差を結果として返す.
- $mult_s(AND)$ : 一方の sequence と他方の sequence の空間的な共通部分を返す (図 3).
- $division_s$ : 一方の sequence のうち, 他方の sequence に空間的に対応する部分を返す.

これらの演算子は, 分配則および結合則を満たす. これらの演算子のうち, ' $add_t$ ,' ' $add_s$ ,' ' $mult_t$ ' および ' $mult_s$ ' のみが交換則を満たす. 演算子 ' $difference_t$ ,' ' $difference_s$ ,' ' $division_t$ ' および ' $division_s$ ' は交換則を満たさない.

### 2.2.4 Uni-Operators (単項演算子)

本代数における単項演算子を次のように定義する.

- $not_t$ : 対象 sequence 以外の時間的な全ての sequence を返す.

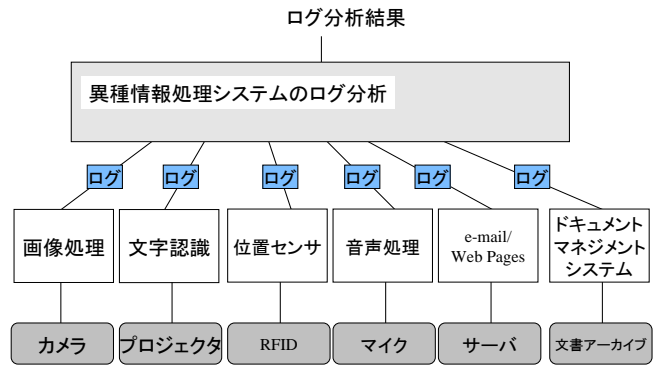


図 4 時空間方向代数の応用例

- $not_s$ : 対象 sequence 以外の空間的な全ての sequence を返す.

- $not$ : 対象 sequence 以外の全ての sequence を返す.
- $reverse$ : 対象 sequence の逆順の sequence を返す.

### 2.2.5 Matching Operators (比較演算子)

比較演算子を次のように定義する.

- $strict\_match$ : 一方の sequence と他方の sequence が厳密に一致する場合 true を返す.
- $match\_with\_temporal\_quantization$ : 一方の sequence と他方の sequence が時間的な量子化を伴って一致する場合 true を返す (時間的な曖昧性を許容した比較演算子).
- $match\_with\_spatial\_quantization$ : 一方の sequence と他方の sequence が空間的な量子化を伴って一致する場合 true を返す (空間的な曖昧性を許容した比較演算子).
- $match\_with\_ID\_quantization$ : 一方の sequence と他方の sequence が ID の違いを反映せず一致する場合 true を返す (ID の曖昧性を許容した比較演算子. 時間的および空間的のみに着目した比較演算子).
- $match\_only\_temporal$ : 一方の sequence と他方の sequence が時間的に一致する場合 true を返す.
- $match\_only\_spatial$ : 一方の sequence と他方の sequence が空間的に一致する場合 true を返す.
- $match\_only\_ID$ : 一方の sequence と他方の sequence が ID 的に一致する場合 true を返す.

## 3. 異種情報システムのログ分析への応用

### 3.1 概要

ここでは, 本時空間方向代数 [24] の異種情報システムのログ分析への応用について示す.

現在, ひとつの組織内活動は複数の情報システムを用いて行うことが一般的であり, 組織としての活動を叡智として活用するためには, それらを分析して明示的な知識として記述することが有効である.

ここでは, 組織内活動をユビキタス環境におけるセンサー群, カメラ, ドキュメントのバージョンコントロールシステムのログを対象として, 本代数の応用によりそれらを記述し, 有効なメタデータを自動抽出する (図 4).

我々はすでに, 異種センサー群より即時的にその環境のメタ

データを自動抽出する方法について示している [23]。この方法と、本代数を組み合わせるにより、次の特徴を有するログ分析が可能であると考えられる。その特徴は、代数系を導入することにより、情報システム群のログを対象とした記述能力の向上および計算複雑性の削減である。

異種センサ群より即時的にその環境のメタデータを自動抽出する方法 [23] は、代数系を伴わずに、対象となるオブジェクト群に関するセンサ群より獲得したデータから、あらかじめ設定したセンサ群とそれに対応するメタデータの組を用いることにより、即時的にメタデータを抽出することを可能とした。これにオブジェクト群に関する代数系を導入することにより、代数系の高い表現形式により記述能力が向上し、さらに、意味的に等価かつ異なる表現形式が存在する場合に計算量の少ない表現形式を選択可能なので、計算複雑性を削減することが可能となる。

ここでは、組織内活動の例として、会議室 (図 6) での活動を、複数の異種情報システムのログより、本代数を用いて分析する。

### 3.2 分析方法

オブジェクト群 (people, a whiteboard, a chair) の位置は位置センサ [11] により検出される。オブジェクト群の向きを検出は、このセンサを例えば 2 つずつオブジェクトに付与することにより行う。

分析の方法は次のとおりである。

- Step-1: 情報システムからのログを取得
- Step-2: ログの時刻データの正規化
- Step-3: メタデータ生成
- Step-4: メタデータ検証

本代数は、Step-3 において適用される。あらかじめ、情報システムからのログの組み合わせと、それが与える意味づけを、ログ・メタデータデータベース (図 5) として記述しておく。情報処理システム群からのログが入力されると、このデータベースを走査し、合致したメタデータを生成する。異種情報処理システム間のログは、時刻により同期される。

この分析により、例えば会議において机や参加者の配置から会議の状況の記憶想起のきっかけとする方法 [13] のように、特定のエピソードから重要な組織の記録を獲得可能となる。さらに、会議の状況をメタデータとして顕在化することにより、分析可能となる。これにより、組織内活動を知識として活用することが可能となる。

## 4. 実験

### 4.1 概要

時空間方向代数 [24] の異種システム間ログ分析への応用の実現可能性を検証することを目的として、実験を行う。

### 4.2 実験環境

ユビキタス環境については、文献 [11], [14], [19] に示す方法により、位置センサ群を用いた。結果、図 5 を実装し、図 6 に示すような実験環境を構築した。

また、ドキュメントのバージョンコントロールシステムとして、自作の簡単なバージョンコントロールシステムを用いた。

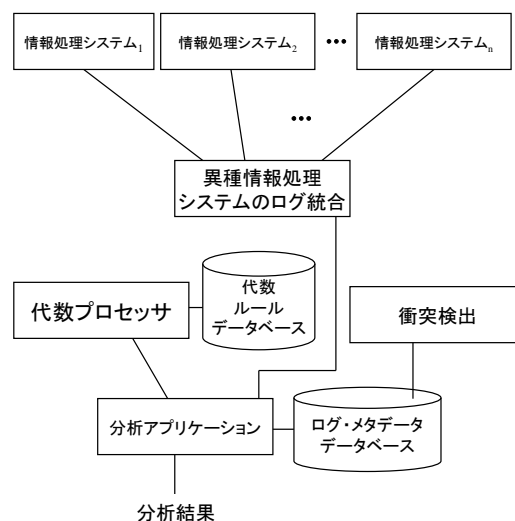


図 5 時空間方向代数を異種情報処理システムのログ分析への応用

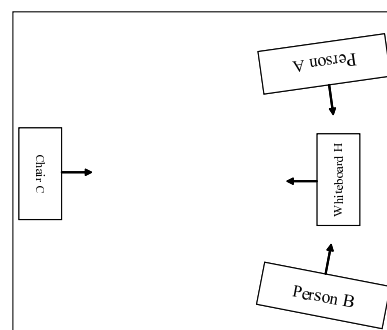


図 6 時空間方向代数の実験環境

### 4.3 実験 1: 時空間方向代数によるログ分析の実現可能性

実験 1 では、時空間方向代数をログ分析に応用することの実現可能性の検証を行う。具体的には、3.1 節で示した応用について、本代数で矛盾なく記述できることを検証する。

実験環境として次の情報システムが存在し、それぞれのログが取得でき、本代数へマッピング可能である環境を準備した。

環境 1 位置センサ

環境 2 ドキュメントのバージョンコントロールシステム  $D_1$  および  $D_2$

環境 3 会議を録音したオーディオシステム  $R$

環境 1 の位置センサは、文献 [19] にされる方法により、実現した。環境 2 のドキュメントのバージョンコントロールシステムは、複数のシステムとして  $D_1$  および  $D_2$  を、図 7 に示すようなバージョンツリーをコントロールできる機能、および、バージョン番号や時刻からそのバージョンのドキュメントの内容を取得可能な機能を備えているシステムを用意した。環境 3 会議を録音したオーディオシステム  $R$  については、会議の内容を音声として記録できる機能、および、時刻からその時刻の会議の内容を音声として再生できる機能を前提に用意した [6]。

この環境について、次の case1 および case2 の場合について、本代数で矛盾なく記述可能であることを示す。

- case1: ある会議で重要なキーワード「データベース」を最初に用いた人は、メンバ (位置センサ上の sequence  $P_1$  から



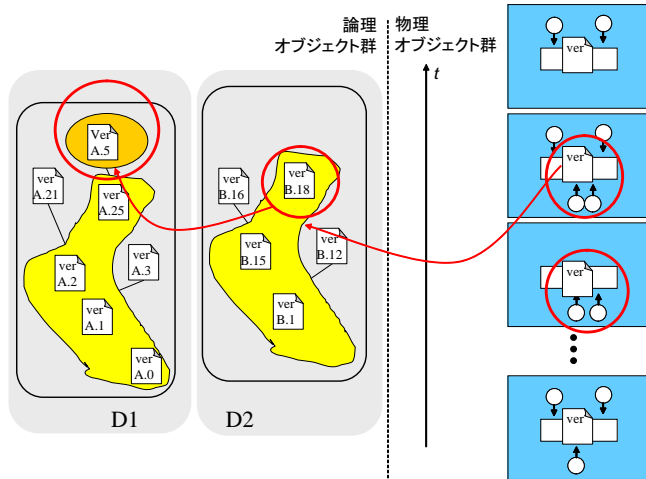


図 7 実験 1: 時空間方向代数によるログ分析の実現可能性 (case2)

$P_n$  のうち誰かを分析したい。ある会議で自分 (位置センサ上の sequence  $I$ ) の隣にいる参加者が、そのキーワードを最初に発言したことを記憶している。しかし、どの会議が特定できない。

- case2: ある特定の配置 (参加者  $A$  および  $B$  がホワイトボードに対し、隣り合う) で会議を行った際に用いたドキュメントの最新版はどれか分析する。

case1 の場合、実験 1 と同様に自分の隣にいる参加者を、環境 1 および本代数により記述可能である。さらに、環境 3 として準備したオーディオシステムにより、そのキーワード「データベース」を本当に発言しているか確認することができる。具体的には、次の様に記述可能である。

$$((I \text{ meets}_s P_1) \text{ add}_s (I \text{ meets}_s P_2) \text{ add}_s \dots (I \text{ meets}_s P_n)) \text{ mult}_t (R)$$

$R$  は環境 3 として準備したオーディオシステムであり、本代数の結果、オーディオシステム上において、重要な発言の候補となる時刻が列挙され、そのオーディオシステム上において、全てのオーディオ記録を再生することなく、重要な事実を確認できる。このように、オーディオシステムの音声認識を仮定しなくとも、エピソード的な記憶から、重要な事実を本代数を用いて分析を行うことが可能である。

case2 の場合は、case1 と同じ要領により、次のように記述可能である。

$$(((A \text{ add}_s B) \text{ meets}_s H) \text{ mult}_t (D_1)) \text{ mult}_t (D_2)$$

すなわち、この代数の結果、参加者  $A$  および  $B$  がホワイトボードに対し隣り合うという位置関係を特定することにより、多くの会議から、この演算の貢献により特定の会議のみを選択可能である。さらに、時刻の一致からこの代数により、環境 2 として準備したドキュメントのバージョンコントロールシステム  $D_1$  において、会議に使われたドキュメントのうちこの  $D_1$  内の最新版が獲得でき、さらに、時刻の一致から、ドキュメントのバージョンコントロールシステム  $D_2$  において、このドキュメントの最新版を獲得する事が可能となる。

以上の実験 1 は、複数の情報システムのログが存在している場合において、本代数によりログ分析を行うことの実現可能性

$$\begin{aligned} & \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{H} = \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{A} \text{ add}_s \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{B} \\ & (A \text{ add}_s B) \text{ meets}_s H = (A \text{ meets}_s H) \text{ add}_s (B \text{ meets}_s H) \end{aligned}$$

図 8 実験 2: 時空間方向代数の計算量削減の検証 (case2-1: 分配則)

$$\begin{aligned} & \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{A} \text{B} \text{ add}_s \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{A} \text{B} \text{ add}_s \dots \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{A} \text{B} \\ & ((A \text{ contains}_s B) \text{ mult}_s H) \text{ add}_s ((A \text{ inside}_s B) \text{ mult}_s H) \dots \\ & \text{add}_s ((A \text{ overlaps}_s B) \text{ mult}_s H) \\ & = \left\{ \text{not}_s \left\{ \text{A} \text{ B} \right\} \right\} \text{ mult}_s \text{H} \text{ p} \text{r} \text{e} \text{o} \text{b} \text{o} \text{r} \text{d} \text{e} \text{d} \text{ } \text{H} \\ & ((\text{not} (A \text{ disjoint}_s B)) \text{ mult}_s H) \end{aligned}$$

図 9 実験 2: 時空間方向代数の計算量削減の検証 (case2-2: disjoint オペレータ)

を示している。

#### 4.4 実験 2: 時空間方向代数による計算量削減の実現可能性

実験 2 として、実験 1 における時空間方向代数 [24] の有効性を検証した。

本代数により、ログ分析において、意味的に等価な 2 つの表現のうち、計算量の少ない表現を選択可能となることを示す。

case2-1 として、人  $A$  および  $B$  がホワイトボード  $H$  の近傍で議論している状況 (図 8) を考える。

case2-1 の実験結果は、次のとおりである。第 2 節で示した分配則により、次の 2 式は意味的に等価であり、計算量の少ない前者を選択することにより、意味的に等価な式を少ない計算量で求めることができる。

- $(A \text{ add}_s B) \text{ meets}_s H$
- $(A \text{ meets}_s H) \text{ add}_s (B \text{ meets}_s H)$

次のケース、case2-2 として、人  $A$  および  $B$  がホワイトボード  $H$  の近傍で議論している状況 (図 9) を考える。

case2-2 の実験結果は、次のとおりである。第 2 節で示した空間的な性質および disjoint オペレータにより、次の 2 式は意味的に等価であり、演算回数の少ない、すなわち、計算量の少ない前者を選択することにより、意味的に等価な式を少ない計算量で求めることができる。

- $((A \text{ contains}_s B) \text{ mult}_s H) \text{ add}_s ((A \text{ inside}_s B) \text{ mult}_s H) \text{ add}_s ((A \text{ equal}_s B) \text{ mult}_s H) \text{ add}_s ((A \text{ meets}_s B) \text{ mult}_s H) \text{ add}_s ((A \text{ covers}_s B) \text{ mult}_s H)) \text{ add}_s ((A \text{ coveredby}_s B) \text{ mult}_s H) \text{ add}_s ((A \text{ overlaps}_s B) \text{ mult}_s H)$
- $((\text{not}_s (A \text{ disjoint}_s B)) \text{ mult}_s H)$

この実験結果は、本代数ログ分析を行うにあたり、意味的に等価な式を少ない計算量で求めることができ、本代数の本応用における実現可能性および有効性を示している。

#### 5. まとめと今後の課題

本稿では、すでに我々が提案している時空間方向代数の異種

システム間ログ分析への応用について述べた。実験により、その実現可能性を示した。

組織内における知の伝承を如何に行っていくかが問われている一方で、組織はその活動に対する透明性および説明責任が求められている。このような背景においては、組織内活動における複数の情報システムの記録の観測可能性および制御可能性、そして、組織内の情報の内部統制が重要な課題である。それらの法制化も検討されている [25], [26]。

これらの情報システムの記録を対象として統一的に記述し、演算を施すことにより、組織内活動に関わる人の動きやドキュメントの動きを分析し、それらを観測および制御可能となると考えられる。本稿では、実験によりその応用への実現可能性を示した。

今後の課題として、シーケンスのグループを対象とした演算系の導入、複数の応用領域における有効性の検証、本方式および本応用の複数組織間における異種情報システムのログ分析への発展、および、大規模データベースを対象とした解析的実験による定量評価などが挙げられる。

#### 文 献

- [1] G. D. Abowd and E. D. Mynatt, "Charting past, present, and future research in ubiquitous computing," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Volume 7, Issue 1, pp. 29 - 58, March 2000.
- [2] J.F Allen.: "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals," *Communications of the ACM*, No. 26, pp. 832-843 (1983).
- [3] T. Amagasa, M. Aritsugi, Y. Kanamori, and Y. Masunaga, "Interval-Based Modeling for Temporal Representation and Operations," *IEICE Trans. Info. & Syst.*, E81-D (1), pp. 47-55, Jan. 1998.
- [4] D. Bridgewater: "Standardize messages with the Common Base Event model," <http://www-128.ibm.com/developerworks/library/ac-cbe1/>, 2004.
- [5] E. F. Codd: "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks," *Communications of the ACM*, 13(6), pp. 377-387, 1970.
- [6] L. Denoue, D. Hilbert, J. Adcock, D. Billsus, and M. Cooper: "ProjectorBox: Seamless presentation capture for classrooms," *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education (E-Learn 2005)*, October 24, 2005.
- [7] M. J. Egenhofer, A. Rashid and B. M. Shari: "Metric Details for Natural-Language Spatial Relations," *ACM Transactions on Information Systems*, Vol.16, No.4, pp.295-321 (1998).
- [8] T. Erickson: "Some problems with the notion of context-aware computing," *Communications of the ACM*, Volume 45, Issue 2, pp. 102 - 104, February 2002.
- [9] M. Fukumoto and M. Shinagawa: "CarpetLAN: A Novel Indoor Wireless(-like) Networking and Positioning System," in the proceedings of *The Seventh International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2005)*, 2005.
- [10] M. Hazas, J. Scott, J. Krumm: "Location-aware computing comes of age," *IEEE Computer*, Vol. 37, Issue 2, pp. 95-97, (2004).
- [11] S. Hirose, S. Inoue, K. Yoneda: "The Whisker Sensor and the Transmission of Multiple Sensor Signals," *Advanced Robotics*, 4, 2, pp.105-117 (1990)
- [12] A. Jaimes, N. Yoshida, K. Murai, K. Hirata, and J. Miyazaki: "Interactive Visualization of Multi-Stream Meeting Videos Based on Automatic Visual Content Analysis," In *Proceedings of 2004 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing*, 2004.
- [13] A. Jaimes, K. Omura, T. Nagamine, and K. Hirata: "Memory Cues for Meeting Video Retrieval," 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences in conjunction with ACM Multimedia 2004, New York, NY, USA, October 2004.
- [14] A. Jaimes and J. Miyazaki: "Building a Smart Meeting Room: from Infrastructure to the Video Gap," 1st IEEE International Workshop on Managing Data for Emerging Multimedia Applications (EMMA) in conjunction with 21th IEEE Conference on Data Engineering (ICDE 2005), 2005.
- [15] J. Kim, S. M. Seitz, M. Agrawala: "Video-based document tracking: unifying your physical and electronic desktops," *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology* pp. 99 - 107, 2004.
- [16] M. Mani: "Understanding the Semantics of Sensor Data," *ACM SIGMOD Record*, Volume 32, Issue 4, Special section on sensor network technology and sensor data management, December 2003.
- [17] 増永良文, 清光英成: "マルチメディアオブジェクト間の時間的関連記述のフレームワーク," *電子情報通信学会論文誌 D-II*, Vol.J79-D-II, No.4, pp.494-501, 1996.
- [18] Y. Masunaga: "The Block-World Data Model for the Realization of Three-Dimensional Virtual Work Space," *Proceedings of the International Symposium on Digital Media Information Base (DMIB)*, pp.1-10, Nara, Japan, November 26-28, 1997.
- [19] Y. Nishida, K. Kitamura, T. Hori, A. Nishitani, T. Kanade, and H. Mizoguchi: "Quick Realization of Function for Detecting Human Activity Events by Ultrasonic 3D Tag and Stereo Vision," *Proc. of 2nd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, pp. 43-54, 2004.
- [20] A. Schmidt, A. Takaluoma and J. Mantyjarvi: "Context-Aware Technology over WAP (Wireless Application Protocol)," *Journal of Personal Technologies*, Vol.4, No.4, pp.221-224, 2000.
- [21] A. Sheth and W. Klas (eds.): "Multimedia Data Management - using metadata to integrate and apply digital media," McGraw Hill, 1998.
- [22] N. Yoshida, K. Hirata and J. Miyazaki: "An Automatic Generation of 3D Visualization for Holistic and Detail Relationships on e-Learning Environment," *Proceedings of IEEE 2004 Symposium on Applications and the Internet - Workshops (SAINT 2004 Workshops) - International Workshop on Cyberspace Technologies and Societies (IWCTS2004)*, pp.446-451, Jan. 2004.
- [23] N. Yoshida and J. Miyazaki: "An Automatic and Immediate Metadata Extraction Method by Heterogeneous Sensors for Meeting Video Streams," *IEEE International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2005) - the International Workshop on Cyberspace Technologies and Societies (IWCTS 2005)*, pp. 446-449, IEEE Computer Society Press, Feb. 2005.
- [24] N. Yoshida, J. Miyazaki, "A Novel Approach to Time-Space-Direction Algebra for Collaborative Work in Ubiquitous Environment," In proceedings of *International Conference on Collaboration Technologies (CollabTech 2006)*, pp.48 - 53, Jul. 2006.
- [25] <http://www.sarbanes-oxley.com/>
- [26] <http://j-sox.org/>
- [27] Information Systems Audit and Control Association: "Control Objectives for Information and related Technology (COBIT)," <http://www.isaca.org/cobit/>, 2006.