

多重 Ambient Calculus を用いた物流監視システムの構築に関する研究*1

橋本 隆弘† 加藤 暢‡ 樋口 昌宏§
 近畿大学大学院総合理工学研究科

1 序論

海上物流の世界では、貨物の流通量の増加に伴い取り扱いの誤りの増加が問題となっている。この問題に対し我々は、Ambient Calculus(AC) [2] による物流システムの記述と、実際の物流がその記述どおりに行われているかを監視するシステムを開発している [1]。物流システムは、複数のより小さなパッケージを収容したパッケージがより大きなパッケージに収容されるという階層構造を持っている。プロセス代数の一種である AC は、階層構造を持ち動的に構造が変化するシステムを形式的に記述するための言語であり、この特徴から物流システムの持つ階層構造を簡潔に表現することができる。しかし通常の AC では一つのプロセス式で全体を記述するため、プロセス式が複雑になりがちであり、取り扱う貨物の追加や削除の際に式全体を修正しなければならなかった。そこで本研究では文献 [3] で提案された多重 Ambient Calculus(MAC) を用いた物流監視システムを提案する。MAC は AC と比較して物流システムの持つ対称性、並行性をより適切に表現でき、貨物が追加、削除される際のプロセス式の変更も容易となる。

2 Ambient Calculus を用いた物流監視システム

我々は物流監視システムに、AC を用いている。AC を用いることにより次のような利点がある。一つに、プロセス代数であることから、構文、遷移規則が厳密に定義されているため、物の動作に関する性質を簡潔に、正確に表現できる。

$$SEA[\dots CY [CO_{a1} [out CY.in SHIP] | CO_{a2} [out CY.in SHIP]] | SHIP] \dots] \quad (1)$$

例として (1) 式は、物流監視システムで扱っているプロセス式を省略したものである。式は、図 1 のような送り状を元に自動的に生成される。この式では、コンテナヤ-

INVOICE

		Invoice No & Date	Order No.
For account of		Country of Origin	Country of Destination
Consignee		Remarks	
Means of Transport & Route		Terms of Payment	
Shipped per	On or About		
From	Via		
To			
Marks & Nos.	Description of Goods	Quantity	Unit Price Amount

図 1 送り状のフォーマット

ードにコンテナ a1 と a2 が存在し、コンテナヤードと並行な位置にある船に積み込もうとしている状態を表している。AC では、物を表す ambient を用いて階層構造で表すことで、それぞれの位置関係を簡潔に表すことができる。また、capability を用いることで、物の動作を表せる。例えば、CO_a1 が持つ out CY が実行されると、CO_a1 が CY の外に出て、(2) 式の形に遷移する。

$$SEA[\dots CY [CO_{a2} [out CY.in SHIP] | SHIP] | CO_{a1} [in SHIP]] \dots] \quad (2)$$

3 多重 Ambient Calculus

MAC では、複数のプロセス式により物流計画を記述できるようになっている。

$$TK[SHIP[out TK]], \quad (3)$$

$$TK[SHIP[load[out SHIP.in CY.in CO] | open lcomp.out TK] | CY [CO[open load.out CY.in SHIP.lcomp[out CO]]]].$$

例として (3) 式では、1 行目で船の航路 (第 1 成分)、2 行目以降でコンテナの動作を表現している (第 2 成分)。両方の成分に SHIP が存在するが、これらは同一のコンテナ船を示している。他の TK 等についても同じである。これらを大域 ambient と呼ぶ。ここで、第 1 成分は航路、第 2 成分はコンテナを表している。第 1 成分だけを見ると SHIP が持つ out TK が実行可能であるが、第 2 成分では out TK の前に他の capability が存在しているため、この遷移は実行できない。そのためしばらく第 2

* Implementation of A Conformance Decision System for Physical Distribution with the Multiple Ambient Calculus
 † Takahiro Hashimoto · Graduate School of Science and Engineering Research Kinki University
 ‡ Toru Kato · Graduate School of Science and Engineering Research Kinki University
 § Masahiro Higuchi · Graduate School of Science and Engineering Research Kinki University

成分の SHIP が持つ *capability* のみが実行可能となり、(4) 式の形に遷移する。

$$TK[SHIP[out TK]], \quad (4)$$

$$TK[SHIP[out TK|CO[]]|CY[]]$$

この後は、両方の成分の SHIP が持つ *out TK* が実行可能であるので、(5) 式の形に遷移する。

$$SHIP[]|TK[], \quad (5)$$

$$SHIP[CO[]]|TK[CY[]].$$

このように、大域 ambient に関する遷移は、全ての要素で遷移が可能となったときに行われ、プロセス間の同期が実現されている。

4 多重 Ambient Calculus のための処理系の実装

本研究では、MAC の処理系を Java 言語により実装した。総クラス数 21、総行数 5600 程のシステムとなっている。既存の物流監視システムでの AC の処理系は、式をオブジェクト木へと変換することで ambient の階層構造を管理している。与えられた式は常に何らかの枠の中にあると仮定しており、木構造の根に ambient を 1 つ配置している。(6) 式を表したのが図 2 である。ここでは枠の名前は *root* としている。

$$root[SHIP[in TK]|TK[]]. \quad (6)$$

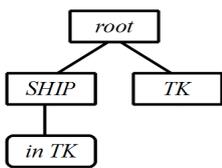


図 2 AC の木構造

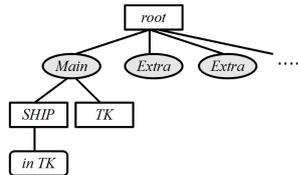


図 3 MAC の木構造

そこで、特殊な兄弟関係を作るともいえる MAC の処理系の実装のために、根の下に兄弟の形でそれぞれの要素を配置し、その兄弟を管理するという形で実装を行った(図 3)。図 3 の *Main* という ambient が航路表を示しており、*Extra* がそれぞれのコンテナを管理する ambient である。航路表の式で実行可能な船の *capability* を調べ、他の成分でその *capability* が存在し、実行可能であるかを調べ、それぞれ遷移させている。

5 検証

(3) 式を処理系で実際に遷移させると、図 4 のように実行されていく。まずは第 1 成分が持つ *out TK* が遷移可能であるが、第 2 成分では *out TK* の前に他の *capability*

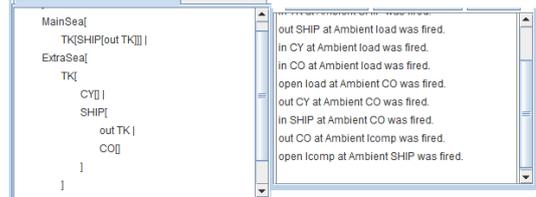


図 4 処理系の実行画面

が存在するため、第 2 成分の *load* が持つ *out SHIP* が実行される。その後も順番に実行されていき、図 4 は、最後の *out TK* が実行される直前の状態となっている。これにより、多重 Ambient Calculus の遷移規則に沿って遷移していることが分かる。

6 結論

本研究では多重 Ambient Calculus を用いた物流監視システムのための処理系の実装を行った。実験により、多重 Ambient Calculus の定義に沿った遷移ができていたことが分かった。また既存の物流監視システムでは、屋外で RFID のリーダ/ライタを用いた実験を行い、距離 2 メートルの場所を時速 20 キロメートルで通過して読み込む等、現実に応じた物流の監視が可能となっている(図 5)。今後の課題として、本処理系を組み込んだ物流監視システムを構築して同様の実験を行うこと、及び、乗り換えを含む様々なコンテナ輸送ルートを想定した監視実験をすること等が挙げられる。



図 5 AC 処理系を用いた物流監視実験の様子

参考文献

- [1] 森本大輔: Ambient Calculus を用いた物流検査システム, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.SIG 10(PRO33), pp.151-164(2007).
- [2] Luca Cardelli and Andrew D.Gordon: Mobile Ambients, LNCS, Vol.1872, pp.1-38(2000).
- [3] 樋口昌宏, 加藤暢: 物流システム記述のための多重 Ambient Calculus, to appear in 情報処理学会誌: プログラミング, Vol.53(2012).