

2012 年度 修士論文

パターンの構造化に基づく
パターンランゲージの拡充に関する研究

2013 年 2 月 1 日(金)提出

指導：鷺崎 弘宜 准教授

早稲田大学 基幹理工学研究科
情報理工学専攻 鷺崎研究室

学籍番号：5111B082-1

中野 聡之

目次

第 1 章	はじめに.....	3
第 2 章	パターンランゲージ構築の課題.....	5
2.1.	パターンランゲージ.....	5
2.2.	パターンマイニング.....	5
2.3.	パターンランゲージ構築における問題点.....	6
2.4.	研究題材.....	6
2.4.1.	ET ロボットコンテスト.....	6
2.4.2.	ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージ.....	7
第 3 章	構造化に基づくパターン導出.....	9
3.1.	提案手法の概要.....	9
3.2.	ガイドラインに基づくパターンの構造化.....	10
3.2.1.	構造化の概要.....	10
3.2.2.	構造化ガイドライン.....	11
3.2.3.	構造化の具体例.....	12
3.3.	HAZOP を参考としたパターン構造の変形.....	14
3.3.1.	構造変形の概要.....	14
3.3.2.	HAZOP を利用したフォースの操作.....	15
3.3.3.	構造変形の適用例.....	16
第 4 章	評価.....	20
4.1.	実験方法.....	20
4.2.	実験結果.....	20
第 5 章	関連研究.....	23
第 6 章	おわりに.....	24
6.1.	まとめ.....	24
6.2.	今後の展望.....	24
謝辞	26
業績	27
参考文献	28
付録	31

第 1 章 はじめに

パターンランゲージとは、相互に関連を持つパターンを要素とし、言語のような構造規則に基づいて体系化したものである。多数のパターンから成るパターンランゲージを参照することで、適切なパターンの適用が容易となるのみならず、言語化されたパターン名をコミュニケーションや意思疎通のツールとして活用することができる[1]。しかしながら、従来のパターンマイニング（パターンを抽出する手法）は場当たりの方法により実施されるため、多数のパターンの抽出にはコストがかかるほか、抽出されるパターンの繋がりも不明瞭となってしまう場合がある。その結果、構築されるパターンランゲージは未成熟なものとなってしまう問題がある。

そこで我々は、既存のパターンを構造化（構造に関するモデル化）した上で、構造を変化させることにより、要求に対して実現手段の異なる複数のパターンを導出する手法を提案する。構造的な観点からパターン探索を実施し、未発見のパターンを効率よく導出することによるパターンランゲージの拡充を目的とする。

本研究は以下の 3 点を研究課題とする。

RQ1：既知のパターンの構造化によって新たなパターン候補の導出は可能か。

RQ2：従来のパターンマイニング手法よりも効率的にパターンを導出することは可能か。

RQ3：導出されるパターン群は妥当かつ有効であるか。

以上の研究課題に対し、本論文の貢献を以下に示す。

- ・構造化を利用したパターン候補導出手法の提案。
- ・ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージを題材としたパターン導出の実証結果。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2 章でパターンランゲージおよびパターンマイニングについて説明した上で、従来手法によるパターンランゲージ構築の問題点を示す。また、本研究の題材である ET ロボットコンテストについても同項にて紹介し、角谷ら[2]により編纂されている ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージの全体図、およびランゲージに収録されている一部のパターンの記述を掲載する。3 章では、既存のパターンから構造化を通して新たなパターンを導出する手法を提案すると共に、実存するパターンを手法に適用した具体例を示す。4 章では、提案手法を評価するための被験者実験の方法について述べ、実験結果の提示とそれを踏まえた上での研究課題に対する貢献を

示す．また，実験を通して第三者により導出された新たなパターンの記述については，巻末に付録する形でまとめて掲載する．そして，5 章で関連研究について説明した後，6 章にて本稿をまとめる．

第 2 章 パターンランゲージ構築の課題

2.1. パターンランゲージ

パターンとは、繰り返し現れる問題から得られる知識を抽象化，形式化することで再利用可能な形としてまとめ，記述されたものである[3]．パターンは主として状況，問題，解法から構成されており，パターンが解決を与える問題やその問題が発生する状況，具体的な問題の解法や解決の指針について明記されている[4]．発生した問題に対して適切なパターンを適用することにより，熟練者の経験に基づく洗練されたやり方に則り，問題を効率よく解決することが可能となる[5][6]．

パターンランゲージとは，多数のパターンを参照しやすい形式でまとめ，個々の繋がりをセミラティス構造により表現したものである．パターンランゲージを構築することで，直面した問題に対して明文化された経験則であるパターンを容易に適用可能となるほか，パターン名を既知の問題に対する共通の語彙として利用することで，意思疎通や思考，情報の共有が容易となる等のメリットがある[7][8]．例として，本研究の題材である ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージの全体図を以下の図 1 に示す．

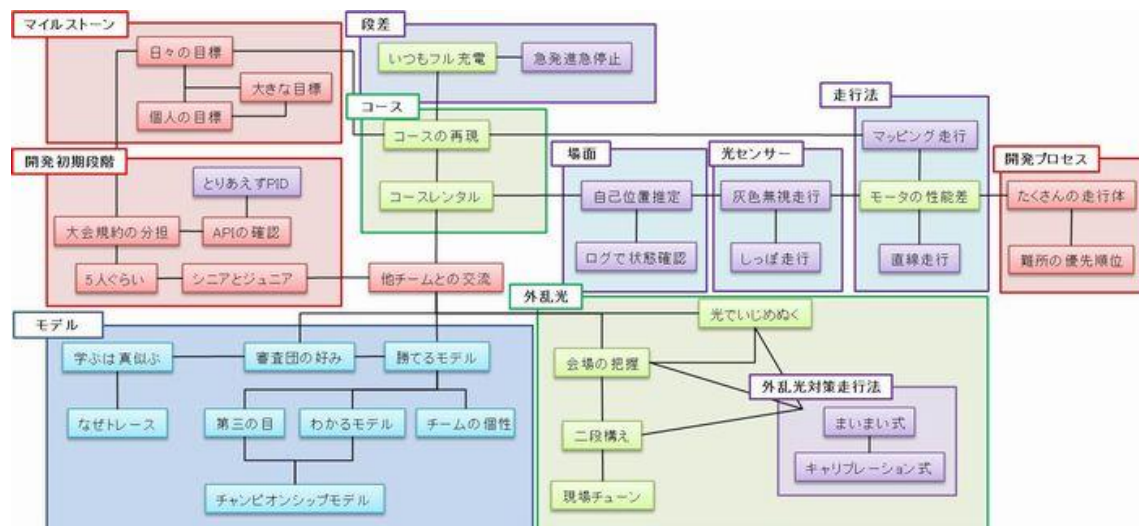


図 1. ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージ

2.2. パターンマイニング

パターンマイニングとは，特定の範囲の具体的なプロダクト群や開発経験から，幾らか抽象化されたノウハウや定石をパターンとして抽出する行為である．

代表的なマイニング手法としては、インタビューによるマイニング，教育・講義によるマイニング，ワークショップによるマイニング，自身の経験によるマイニング（セルフマイニング）が存在する[9]．これらの手法に基づき形式的に，かつ具体性を伴うパターンをマイニングする試みは，現在においても様々な分野で研究が進められている[10][11]．

例として、「協調作業型のパターンマイニング・ワークショップ（2010 鷺崎）」[12] を挙げる．これは、レイアウトを変更可能な道具を用いた協調作業によるマイニングをワークショップ形式で行うことにより、得られるパターンの一定の具体性を確保しつつパターンの創造的な抽出を促すという提案である．実際に、この手法を用いることで一定の具体性を伴う複数のパターンの抽出に成功している．

2.3. パターンランゲージ構築における問題点

パターンランゲージの利用価値を向上させるためには、関連を伴う多数のパターンを基に構築することが望ましい．しかしながら、従来のパターンマイニング手法は上述のように場当たりの方法により実施されるため、短時間で数多くのパターンを抽出することは大変困難である．また、抽出されるパターンは個人の経験に基づくものとなってしまうため、他のパターンとの繋がりが不明瞭なものや、当人の環境に依存するものが多くなってしまう場合がある．その結果、パターンランゲージを構築する上で満足する数のパターンを抽出することができず、パターン間の繋がりを表現することが困難となってしまう問題がある．

2.4. 研究題材

本研究は題材として、「ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージ [2]」を利用する．ET ロボットコンテストとは、組み込みシステム技術協会を主催とし、組み込みソフトウェア技術教育をテーマとしたロボットコンテストである．以下、コンテストの詳細とそれをターゲットとして編纂されているパターンランゲージについて述べる．

2.4.1 ET ロボットコンテスト

ET ロボットコンテスト（通称：ET ロボコン）とは、組み込みシステム分野における技術教育をテーマに決められた走行体で指定コースを自律走行する競技である．同一のハードウェア（LEGO Mindstorms™）に、UML 等で分析・設計したソフトウェアを搭載し競うコンテストである[13]．具体的なコンテスト内容は、自律型ライントレース・ロボットに規定のコースを走行させた際の走

行タイムを競う競技部門と、UML 等で記述された走行競技システムの分析、ソフトウェア設計モデル内容の評価を競うモデル部門、そしてそれらを合わせた総合結果を競う総合部門となっている。したがって、コンテストで結果を残すためには高性能な組み込みソフトウェアを開発するのみならず、ソフトウェア設計上の工夫やコースの綿密な分析を踏まえたモデリングが必要となる。

2.4.2 ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージ

上述のように、ET ロボットコンテストは組み込み系ソフトウェア開発の技術教育をテーマとした若手エンジニア向けのコンテストである。したがって、初めて参加するチームやソフトウェアの開発に通じていない人のみで構成されたチームも毎年多く現れる。ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージは、そのようなチームの支援や開発指針の提供を目的として編纂されたものであり、過去 3 年間におよび ET ロボットコンテストの出場経験により蓄積された技術やノウハウを、パターン集としてまとめたものである。例として、ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージに収録されているパターンの一つを以下の表 1 に示す。

表 1. まいまい式パターンの文書

パターン名	まいまい式
状況	地区予選に向けた開発をしている。
問題	予選会場には外乱光の強い区間が存在する。そのため、 <u>キャリブレーション式</u> を採用しているチームはリタイアが続出する。
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・ベーシックステージは確実に突破しなければならない。 ・予選突破のためには、スピードを重要視する必要はない。 ・開発期間にさほど余裕が無い。
解決策	光センサー内蔵の LED をオフ（消灯）にした状態でコースからの反射光を測定することで、外乱光（太陽光や屋内照明）の反射による光量のみを測定することができる。そこで、「LED 点灯時の測定値」と「LED 消灯時の測定値」の差分を計算すると、「LED の反射光成分」だけを得ることが可能となり、この値を基準値とすることで外乱光の影響をキャンセルできる。この技術を用いた走行方法が <u>まいまい式</u> であり、外乱光の強い会場で競技を行う場合は非常に有効である。
事例	2011 年度の東京地区大会においては、会場内の外乱光の影響が強かったために <u>キャリブレーション式</u> を採用しているチームが続々とリタイアをする結果となった。

	<u>まいまい式</u> を採用すると、走行タイムは <u>キャリブレーション式</u> より遅くはなるものの、安全にベーシックステージを攻略できるため比較的容易に予選を突破することができた。
--	--

※パターン内において下線が付加された語は、他のパターン名として利用されているものである。

第 3 章 構造化に基づくパターン導出

本章では、従来のマイニング手法では解決されない前述のような問題に対し、構造化を用いることにより形式的にパターンを導出する手法を提案する。

以下、3.1 節において提案手法の全体像を示し、3.2 節以降において各手法の詳細な説明を行う。

3.1. 提案手法の概要

本手法は、既存のパターンを構造化する手法と、構造を変形させて新たなパターン構造を導出する手法の 2 段階から構成される。本手法の全体像を以下の図 2 に示す。

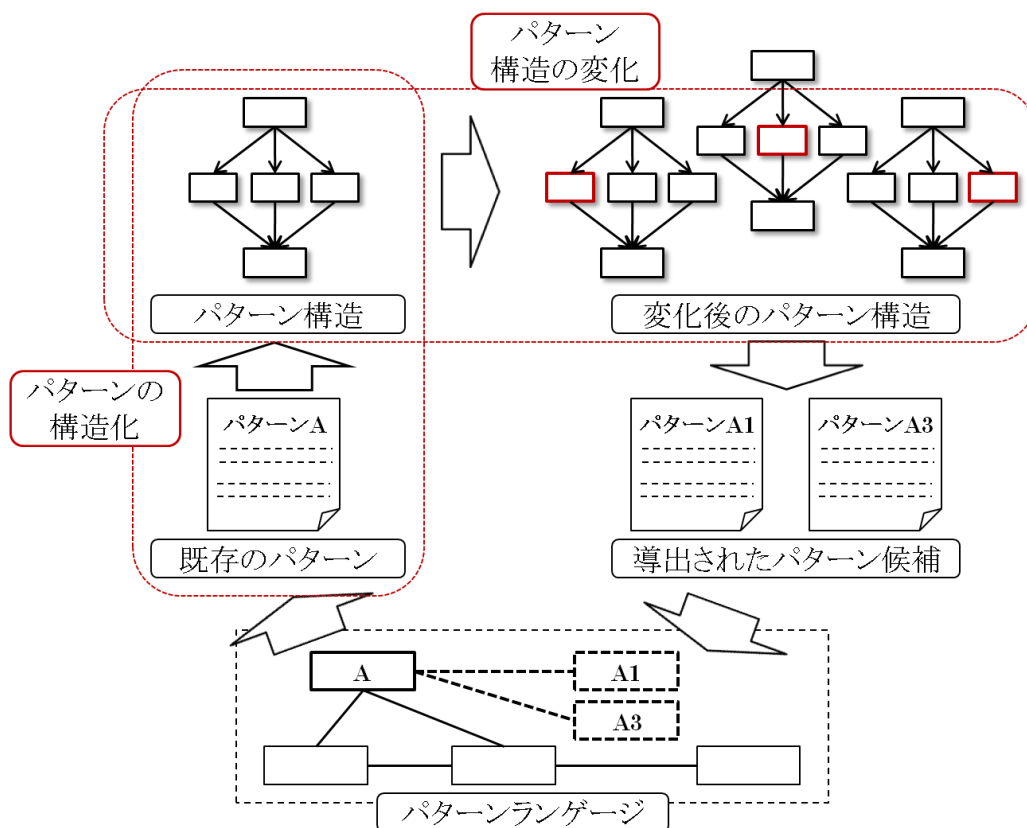


図 2. 手法の全体像

まず、我々が作成したガイドラインに従って既存のパターンを構造化する。パターンの文書を参照するのみでは、パターンに含まれる個々の実現手段や要

求, およびそれらの相互関係を把握することは容易ではない. したがって, それらをノードとしたパターン構造を作成することで, パターンの持つ要素とそれらの関係性を明確に表現することが可能となる[14][15]. また, 自然言語記述であるパターンの文書に対し, 各要素や要素間の関連の抽出をガイドラインに沿って行うことにより, いくらか属人性を排した構造化を行うことができる.

続いて, パターン構造の特定の要素に対して変化を与えることで, 既存のパターンとは軽微に性質の異なるパターン候補を導出する. パターン構造の各要素は自然言語記述であるため, 機械的な変化を加えることは難しい. そこで, 典型的な反意語や強調詞の対であるガイドワードを参照する「HAZOP」の手法を利用することで, 形式的な要素の変化を実現した.

これら 2 つの手法により, 既存のパターンから実現手段の異なる新たなパターン候補を導出することができる. 以下, 両手法の詳細について述べる.

3.2. ガイドラインに基づくパターンの構造化

3.2.1. 構造化の概要

パターンの文書内から特定の要素を抜き出し, 有向エッジを用いた階層的な構造化によりパターン構造を作成する. パターン構造を表現するためのメタモデルを以下の図 3 に, 各要素の詳細を表 1 に示す.

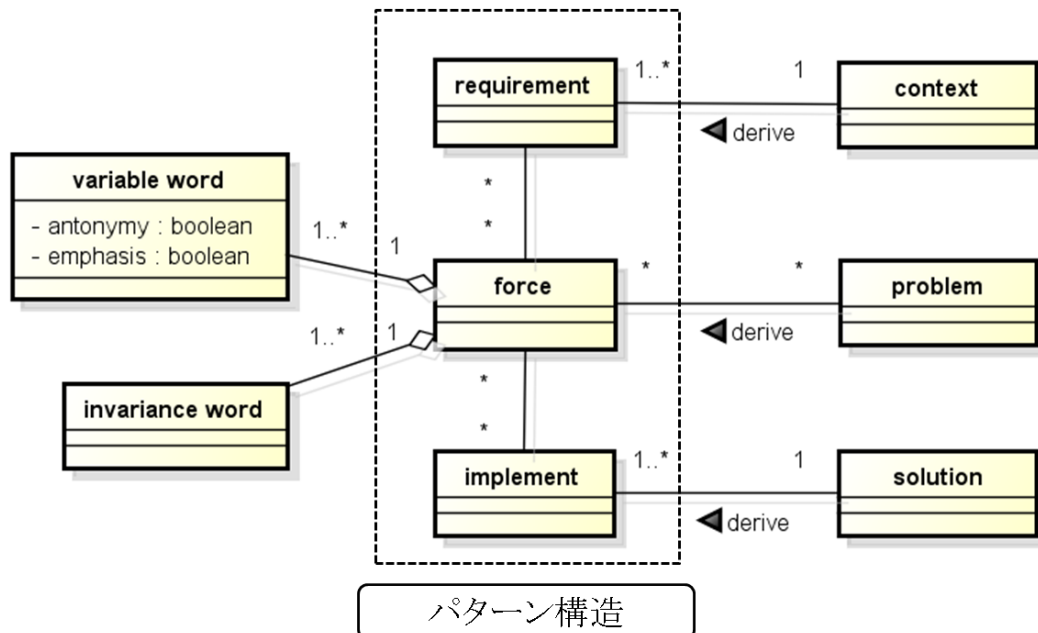


図 3. パターン構造のメタモデル

表 2. メタモデルの構成要素

名称	要素の詳細
context	パターンを適用すべき状況についての記述
requirement	パターンにより満たされるべき要求, context の記述より導出可能
force	要求を達成する上での制約条件 (フォース)
variable word	force の記述に含まれる可変な語, 詳細は 3.3.2 節にて述べる
invariance word	force の記述に含まれる不変な語, 詳細は 3.3.2 節にて述べる
solution	force を考慮した上での problem に対する解法, 解決の指針となる記述
implement	solution を構成する個々の実現手段, solution の記述より導出可能

前述のように, パターンは主として状況 (context), 問題 (problem), 解決策 (solution) から構成される. 状況とは, 問題が発生する状況についての記述であり, パターンを適用することで満たされる要求を読み取ることができる. 問題とは, パターンが解決を与える問題, および問題解決に関連する各種の制約条件 (フォース) の記述である. 解決策とは, 制約条件を考慮した具体的な問題の解法や解決の指針であり, 単数, あるいは複数の実現手段の組み合わせにより構成されている. したがって, パターン記述内のそれぞれの項目 (図 3 における右端の 3 要素) から要求, フォース, 実現手段という 3 要素を導出することができる. また, これらの要素に基づいてパターン構造を作成することで, パターンが満たすべき要求とそれに伴う制約, そして制約を踏まえた上での解決の手法を明快に表現することが可能となる[16][17].

3.2.2. 構造化ガイドライン

上図のメタモデルに従う構造化を促すべく, パターンの記述からパターン構造を導出する過程を記述したガイドラインを作成した. 記述内から要素の抽出や枝刈りを行う手順を 5 段階のステップに分け, 各ステップにおける操作, および留意点を記述した. 本ガイドラインに基づくことで, 幾らか属人性を排したパターンの構造化を促すことができる. 以下, 作成したガイドラインの記述を表 2 に示す.

表 2. 構造化ガイドライン

STEP1. 要求の導出
パターン記述内の状況（コンテキスト）の項から 1 つ以上の要求を導出する。コンテキストの記述から読み取れる要求は、すでに特定のフォースを伴う限定的なものとなっている場合が多いため、いくらか抽象化したものを要求として導出する。
STEP2. フォースの導出
パターン記述内の状況や問題、フォースなどの項からパターンの制約条件と読み取れる箇所をフォースとして 1 つ以上導出する。ここで読み取れるフォースについても、限定的な状況を示唆したものとなっている場合があるため、必要に応じて抽象化した表現に改める必要がある。
STEP3. フォースと要求との関連付け
STEP1 で導出した要求と関連するフォースのみを、要求の子ノードとして有向エッジで結ぶ。要求との関連を導出できなかったフォースについては、本手法によるパターン候補の導出には不要なものとして判断できるため、この段階で枝刈りを行う。
STEP4. 実現手段の導出
パターン記述内の解法や解決策の項から 1 つ以上の実現手段を導出する。解決策が複数の実現手段の組み合わせとなっているものについては、それぞれの実現手段を個々の要素として導出する。
STEP5. フォースと実現手段との関連付け
STEP3 と同様に、フォースと関連する実現手段を、フォースの子ノードとして有向エッジで結ぶ。なお、この時点で導出されている実現手段はフォースによる制約を踏まえた解決策から導出されているものであるため、フォースとの関連を持たない実現手段は存在しないと考えてよい。

3.2.3. 構造化の具体例

上記のガイドラインに基づき、既知のパターンを構造化する際の具体的な流れ、および得られるパターン構造の例を示す。対象とするパターンは、表 1 で示した「まいまい式パターン」を扱う。以下、各ステップで導出されるパターン構造と操作の説明を表 3 に示す。

表 3. まいまい式パターンの構造化の例

STEP1. 要求の導出	
・ パターン構造	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<requirement>> コースを走行したい </div>
・ 操作の説明	<p>パターンの記述内の状況の項には、「地区予選に向けた開発をしている」とある。また、このパターンは開発の初期段階であるライントレース走行方法の実装について言及するものと読み取ることができる。したがって、要求の抽象表現としては「コースを走行したい」とするのが妥当であると考えられる。</p>
STEP2. フォースの導出	
・ パターン構造	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force1>> 外乱光対策を重視する </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force2>> 速度を重視しない </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force3>> 開発期間が短い </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force4>> 安全性を重視する </div> </div>
・ 操作の説明	<p>パターンの記述内の問題の項には、「予選会場には外乱光の強い区間が存在する」とある。また、このパターンには項目のひとつとしてフォースが存在し、そこには 3 つのフォースが記述されている。したがって、フォースの抽象表現としては以上の 4 つを導出することができる。</p>
STEP3. フォースと要求との関連付け	
・ パターン構造	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <<requirement>> コースを走行したい </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force1>> 外乱光対策を重視する </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force2>> 速度を重視しない </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <<force3>> 開発期間が短い </div> </div> </div>
・ 操作の説明	<p>上図のように、STEP1 で導出された要求と関連するフォースを有向エッジで結ぶ。ここで、STEP2 により導出された「安全性を重視する」というフォースは、このパターンにおいては「外乱光対策を重視する」というフォースと同義であると判断できるため、この段階で縮退するのが妥当である。</p>

STEP4. 実現手段の導出

・パターン構造

```

<<implement>>
ライトセンサの明滅
を利用して走行する

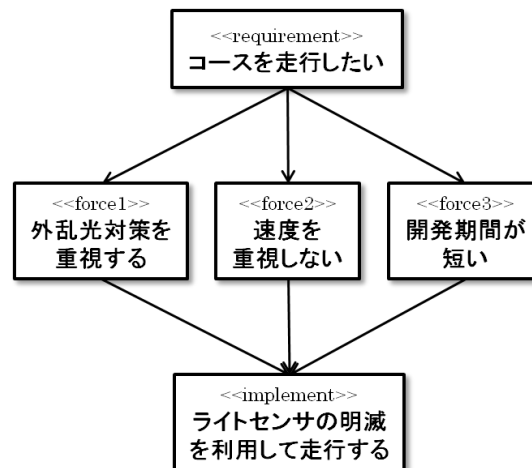
```

・操作の説明

解決策の項に記述されている実現手段を導出する．このパターンは外乱光を対策するにあたり，特定の走行方法を解決策として示したものとなっているため，導出される実現手段も単一となる．

STEP5. フォースと実現手段との関連付け

・パターン構造



・操作の説明

上図のように，STEP3 で導出されたパターン構造のフォースと実現手段を有向エッジで結ぶ．STEP4 にて導出された実現手段が単一のものであったため，全てのフォースとの関連をすることができる．

以上の操作により，パターンの記述から要求，フォース，実現手段の 3 要素により構成されるパターン構造を導出することができる．

3.3. HAZOP を参考としたパターン構造の変化**3.3.1. 構造変形の概要**

パターン構造の性質を変化させるため，フォースという要素に着目する．パターンにおけるフォースとは，コンテキストや要求に対する制約としての役割を持ち，実現手段を特定させる働きを担っている．したがって，フォースに変化を加えることにより，要求を満たすための実現手段が既存のものとは異なる

新たなパターンの導出が可能となる。

自然言語で記述されているフォースに機械的な変化を加えるため、ガイドワードを利用したリスク管理手法である HAZOP[18]を応用し、本手法を実現した。ガイドワードとは、典型的な形容詞や強調詞、およびそれらの反意語をまとめた語のリストであり、ガイドワードと単語の組み合わせによりあらゆる状況を網羅的に想定することを目的とする手法が HAZOP である[19][20]。HAZOP は主に、工業・医療機器のリスク管理や安全性評価の分野で利用される方法であるが、しばしばソフトウェア設計の分野においても利用される[21]。

3.3.2. HAZOP を利用したフォースの操作

HAZOP の手法に基づき、フォースの記述の一部に反意語の適用と強調詞の付加を行うことで、フォースに形式的な変化を与える手法を用いる。図 3 で示したメタモデルに従い、フォースの記述を可変部 (variable word) と不変部

(invariance word) に分割できるものとする。ここでの可変部とは、反意語の適用や強調詞の付加等の操作を可能とする可変な語を表現したものであり、不変部とはそれ以外の不変な記述を表現したものである。このように分割することで、フォース内で変化を与えることが可能な語を明示的に区別することができる。図中の可変部クラスに示されている “antonymy” という属性は、反意語の適用の行否を表すものであり、全てのガイドワードに対して付随される。また、“emphasis” という属性については、「非常に」、「とても」等の強調詞の付加の行否を表すものであり、単純な肯定・否定の関係以外の形容詞に対して付随される。例として、表 3 にて構造化されたまいまい式パターンのフォースの一つに本手法を適用した結果を以下の表 4 に示す。

表 4. フォースの操作例

変化前のフォース	antomyny	emphasis	変化後のフォース
<div><<force3>> 開発期間が 短い</div>	1	0	<div><<force3-1>> 開発期間が 長い</div>
	0	1	<div><<force3-2>> 開発期間が 非常に短い</div>
	1	1	<div><<force3-3>> 開発期間が 非常に長い</div>

変化前のフォースは各属性の値を 0 としたものであり、操作に対応する属性の値を 1 とすることでフォースに与える変化を表現した。この結果より、「開発期間が短い」という 1 つのフォースから、反意語の置き換えと強調詞の付加を適用することで異なる 3 つのフォースを導出可能であることがわかる。以上の操作をパターンに含まれる全てのフォースに対して適用することで、多様な構造を持つパターン候補を数多く導出することが可能となる。

3.3.3. 構造変化の適用例

パターン構造に対してフォースの操作を適用することで、得られるパターン構造のバリエーションやパターン候補の具体例を示す。対象とするパターン構造は引き続き、表 3 にて構造化されたまいまい式パターンを用いる。以下、表 3 内におけるまいまい式パターンのパターン構造に対してフォースの操作を適用した結果、得られるパターン構造のバリエーションを以下の表 5 に示す。

表 5. パターン構造のバリエーション例

No	<<force1>> 外乱光対策を 重視する	<<force2>> 速度を 重視しない	<<force3>> 開発期間が 短い	
	antomyny	Antomyny	antomyny	emphasis
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

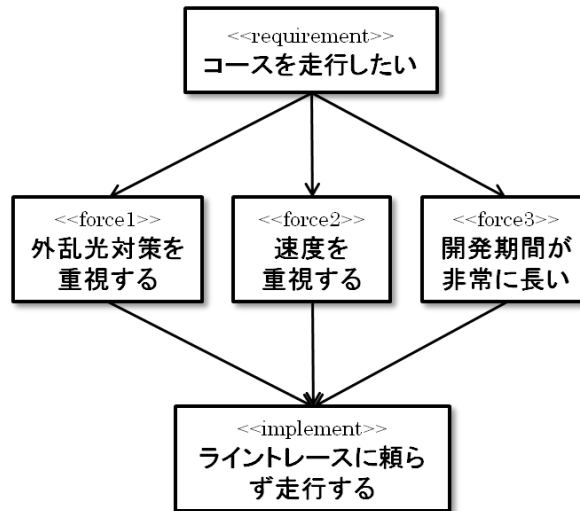
force1 の「外乱光対策を重視する」、および、force2 の「速度を重視する」については、単純な肯定・否定の関係で表現されているため、適用可能な操作は反意語の適用のみとなる。force3 の「開発期間が短い」については表 4 で示した通り、反意語の適用と強調詞の付加の両操作を適用可能である。したがって、これらのフォースを有するまいまい式パターンに対して構造変形を適用した結果、以上のように 15 種類のパターン構造を導出することができる。これらのパターン構造をレビューした結果、実際に存在し得るパターンとして導出されたものを以下の表 6 に示す。

表 6. まいまい式パターンより導出されたパターン

No.6 ハイブリッド走行パターン	
・パターン構造	<pre>graph TD; Req["<<requirement>> コースを走行したい"]; F1["<<force1>> 外乱光対策を重視する"]; F2["<<force2>> 速度を重視する"]; F3["<<force3>> 開発期間が長い"]; Imp["<<implement>> コースに応じてまいまい式とキャリブレーション式を使い分ける"]; Req --> F1; Req --> F2; Req --> F3; F1 --> Imp; F2 --> Imp; F3 --> Imp;</pre>
・パターンの概要	<p>コースの区間に応じて走行方法を切り替える。具体的には、外乱光によるコースアウトが発生しやすい急カーブなどはまいまい式で走行し、それ以外の直線などは速度を重視したキャリブレーション式で走行する。ただし、正確な走行切り替えを行うために自己位置推定の実装やテスト走行環境の整備が必要となる。</p>

No.7 マッピング走行パターン

・パターン構造

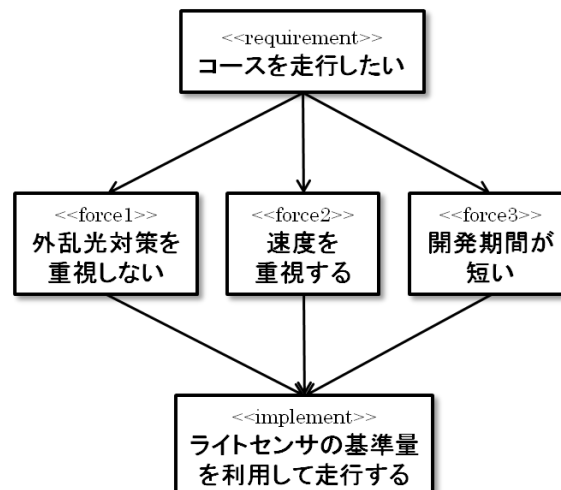


・パターンの概要

ライントレースを行わずに、モータの回転数や走行体の向き、走行時間などによる制御を利用してコースを走行する。コース上のラインを無視するため外乱光による影響は一切発生しないが、正確にコースを走行させるためには多大な調整期間が必要となる。

No.12 キャリブレーション式パターン

・パターン構造



・パターンの概要

ライトセンサの基準量を定め、ラインの輝度を利用したライントレース走行を行う。常に最高速で走行し続けることが可能であるが、外乱光によるラインの輝度の変化に対応することができないため、予期せぬコースアウトのリスクが存在する。

No.12 のキャリブレーション式パターンについては、すでに ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージに収録されている既知のパターンである。No.6 のハイブリッド走行パターン、および No.7 のマッピング走行パターンについては、本手法により導出された新たなパターンである (No.6 のハイブリッド走行パターンは、後述の評価実験において被験者の手により導出されたパターンである)。したがって、まいまい式パターンに対して本手法を適用することで得られた新たなパターンはハイブリッド走行パターンとマッピング走行パターンの二つとなる。

以上の操作をパターンランゲージ内の全ての既存パターンに対して適用することで、既存パターンと関連する数多くのパターンを導出することが可能となる。

第 4 章 評価

本稿の冒頭で提示した研究課題に対して、本手法による貢献の度合いを評価するための被験者実験を実施した。以下、4.1 節において実験方法について説明し、4.2 節で得られた結果とそれに対する考察を述べる。

4.1. 実験方法

本手法の有効性を評価するために、第三者による新たなパターンの導出を目的とした被験者実験を行った。今年度の ET ロボットコンテスト 2012 に参加し、好成績を収めた理工学生 6 名に対し、ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージに収録されている全てのパターンの文書を与え、本手法を用いたパターン候補の導出を試みていただいた。所要時間に関しては特に制限を設けず 1 時間程度を目安とした。また、当実験の比較対象として、同じく今年度の ET ロボットコンテスト 2012 に参加した理工学生 10 名によるパターンマイニングを目的としたワークショップの結果を利用する。これら 2 つの結果の比較を通して、本手法が冒頭で述べた研究課題を満たしているかを考察する。

4.2. 結果と考察

本手法による実験結果と、従来手法であるワークショップによるパターンマイニングの結果をまとめたものを以下の表 7 に示す。

表 7. 実験結果の比較

	提案手法	従来手法
参加人数	6 名	10 名
所要時間	1 時間半程度	2 時間程度
導出されたパターン候補	30 個	
抽出されたパターン	8 個	2 個

被験者により導出されたパターン候補から有用なものをパターンとして抽出するために、ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージの編纂者を含めた数名によるレビューを実施した。その結果、8 個のパターン候補に有用性が確認され、パターンランゲージへの収録が認められた。また、実験の所要時間については、被験者によるパターン導出に要した時間と、パターンの抽出を目的としたレビューに要した時間を合計したものとする。以下、実験結果の比較

を基に各研究課題を満たしているかについて考察する.

RQ1 : 既知のパターンの構造化によって新たなパターン候補の導出は可能か.

3.3.3 節で示したように, 既知のパターンの構造化を通して新たなパターン候補や異なる既知のパターンの導出に成功している. また, 被験者実験により 30 個のパターン候補が導出された結果から, 題材とするパターンについての知識をある程度有していれば, 第三者によるパターン候補の導出も充分可能であることが確認できる.

RQ2 : 従来のパターンマイニング手法よりも効率的にパターンを導出することは可能か.

実験結果の比較から, 従来手法よりも短時間かつ少人数でありながら, 遥かに多くのパターンを提案手法により導出することができた. この結果は, 題材としたパターンランゲージが発展途上のものであったことにも起因すると考えられるが, 効率的なパターンの導出を促す手法であることを示すには十分な結果であると言える.

RQ3 : 導出されるパターン群は妥当かつ有効であるか.

被験者によって導出された 30 個のパターン候補から 8 つのパターンが抽出された結果から, ある程度の妥当性を伴うパターンの導出が可能であると考えられる. また, 得られたパターンの有効性については現時点で適切な評価を行うことは困難であるため, 今後検証を進めていく必要がある. 詳しくは第 6 章にて後述する.

以上より, 本手法によりこれらの研究課題を満たすことが可能であると言える. 以下, 今回の被験者実験により得られたパターン候補の 1 つを表 8 に示す. また, 本稿の巻末に被験者実験により得られたパターン, ワークショップにより得られたパターン, および 3.3.3 節にて導出されたパターン全ての記述を付録する.

表 8. 被験者により導出されたパターンの例

パターン名：電圧キャップ（「いつもフル充電」より導出）	
・パターン構造の変化	
<pre>graph TD subgraph Left R1["<<requirement>> 本番同様の環境で テストしたい"] F1["<<force1>> 資金に 余裕がある"] F2["<<force2>> 馬力を 重視する"] I1["<<implement>> 多量の充電式電池を 用意し、テスト走行の たびに入れ替える"] R1 --> F1 R1 --> F2 F1 --> I1 F2 --> I1 end subgraph Right R2["<<requirement>> 本番同様の環境で テストしたい"] F3["<<force1>> 資金に 余裕がない"] F4["<<force2>> 馬力を 重視しない"] I2["<<implement>> 電圧値の上限を低め の値で固定する"] R2 --> F3 R2 --> F4 F3 --> I2 F4 --> I2 end Left --> Right</pre>	
・パターンの概要	
走行体を送る電圧の上限を低めの値で固定することで、電池の使用や変更による走行への影響を防ぐことができる。ただし、低めの電圧値で走行させるためフルパワーでの走行よりも速度や馬力が低下してしまうデメリットがある。	

第 5 章 関連研究

Weiss[14]らは、ゴール指向要求言語（GRL）を用いてアーキテクチャパターンを形式化する手法を提案している。GRL を利用してパターンに含まれる要求やフォース、およびそれらの相互作用を形式的に表記することで、パターンに含まれる要素間の関係を容易に把握することが可能となり、適切な適用状況や適用するパターンの選択基準を明確化できる。本手法は Weiss らの手法を参考に、容易に変形可能な構造化を提案することで、パターンに含まれる要求やそれに対する実現手段を明確化すると共に、構造変形によって実現手段の異なるパターン候補を導出することが可能である。

久保[9]らは、要求獲得の熟練者への面接を通して得ることのできる、要求獲得に関する普遍的な知識をパターンとして記述し、パターン間の関連を示すパターンマップの作成により、有用なパターン集合を得る手法を提案している。提案手法を通して、実際にソフトウェア要求獲得に関する複数のパターンを抽出し、パターン間の関連を分析することでパターン関連図の作成に成功している。本手法は、インタビューやワークショップによる従来のパターンマイニング手法とは異なり、既知のパターンの構造化を利用した手法によりパターンの導出を行う。構造の変形により既知のパターンと関連する多数のパターンを効率よく導出することで、発展途上のパターンランゲージの拡充を支援することができる。

第 6 章 おわりに

6.1. まとめ

パターンランゲージの構築に辺り、インタビュー形式やワークショップ形式を主とする従来のパターンマイニング手法では、短時間で数多くのパターンを抽出することは非常に困難であった。また、属人性の強い手法で場当たりに抽出されるパターンは、既存のパターンとの関連が不明瞭であり、パターンランゲージの拡充に適さないものとなってしまう問題があった。

そこで我々は、既知のパターンの構造化を通して新たなパターンを導出する手法を提案した。変形が容易なパターン構造を表現するためのメタモデルを作成し、他者による構造化を簡易化するためのガイドラインを記述することで、既存のパターンに含まれる要求やフォース、実現手段を明確化しつつ、ある程度属人性を排した構造化を促すことに成功した。構造化されたパターン構造を変形させるため、ガイドワードを利用した手法である HAZOP をフォースに対して適用することで、多様なバリエーションのパターン構造を導出させる手法を実現した。その結果、ランゲージ内の個々のパターンから複数のパターン候補を導出し、候補内から有用性を確認できる新たなパターンを複数導出することが可能となった。また、本手法とパターンマイニングの従来手法とを被験者実験を通して比較することで、パターンの導出に必要とされるコスト、パターンの導出に伴う属人性、得られるパターンの有効性・妥当性などの点において優れた結果を示すことができた。

6.2. 今後の課題

(1)得られたパターンの有効性についての検証

第 4 章で述べたように、今回の実験で得られたパターンの有効性を適切に評価するためには、実際にパターンを適用した結果について検証を行う必要がある。その方法としては、来年度の ET ロボットコンテストで実際にパターンを利用するほか、wiki で公開されている ET ロボットコンテストのパターンランゲージに収録し、開発者の反響やコメントを分析することなどが考えられる。

(2)他のパターンランゲージへの適用

本研究では ET ロボットコンテストのためのパターンランゲージを題材とし、実際にコンテストの参加者による実験を通して手法の有効性を示すことに成功

した．同様に，本手法を他のパターンランゲージ（ex. **Learning Patterns**, 井庭[6]）へ適用することで，パターンランゲージの構築を支援すると共に，本手法の更なる有効性の検証を進めたい．

謝辞

本研究を進めるにあたり、数々のご指導を頂いた鷺崎弘宜准教授に深く感謝致します。そして、研究に関してのみならず様々な面でご協力頂いた鷺崎研究室・深澤研究室の皆様に深く感謝致します。

業績

中野聡之，中野由貴，鷺崎弘宜，深澤良彰，“アーキテクチャパターンの構造化に基づくパターン候補の導出”，IPSJ/SIGSE Software Engineering Symposium (SES)，2011

中野聡之，中野由貴，鷺崎弘宜，深澤良彰，“アーキテクチャパターンの構造化を用いたパターン候補の導出”，ウィンターワークショップ 2012・イン・琵琶湖，2012

中野聡之，角谷将司，鷺崎弘宜，深澤良彰，“パターンの構造化に基づくパターンランゲージの拡充”，ウィンターワークショップ 2013・イン・那須，2013

参考文献

- [1] Christopher Alexander, Sara Ishikawa, Murray Silverstein et al., “A Pattern Language”, Oxford University Press, 1977.
- [2] 角谷将司ほか, “ET ロボットコンテストを題材としたプロセスが不明瞭な開発におけるパターンマイニングの提案”, IPSJ 第 177 回ソフトウェア工学研究発表会, 2012.
http://www58.atwiki.jp/etrobocon_pattern/
- [3] Atsuto Kubo, Hironori Washizaki, Atsuhiko Takasu, and Yoshiaki Fukazawa, “Analyzing relations among software patterns based on document similarity”, IEEE International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC), 2005.
- [4] Christopher Alexander, “Timeless Way of Building”, Oxford University Press, 1979.
- [5] Frank Buschmann, Regine Meunier et al. 著, 金澤典子, 水野貴之, 桜井麻里 略, “PATTERN-ORIENTED SOFTWARE ARCHITECTURE”, 近代科学社, 2001
- [6] 羽生田 栄一 監修, パターンワーキンググループ 著, “ソフトウェアパターン入門”, ソフト・リサーチ・センター(SRC), 2005
- [7] 井庭崇ほか, “Learning Patterns : A Pattern Language for Creative Learning 2009”, 学習パターンプロジェクト, 2009.
- [8] Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman 著, 前田 卓雄, 佐々木 明博, 加藤 滋郎ほか 略, “実践ソフトウェアアーキテクチャ”, 日刊工業新聞社, 2005
- [9] 久保淳人, 鷺崎弘宜, 深澤良彰, “パターンマイニングによるソフトウェア要求の獲得知識の記述”, 第 12 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ

-
- ップ, pp.183-188, 2005.
- [10] 2nd Asian Conference on Pattern Language of Program (AsianPLoP 2011), <http://patterns-wg.fuka.info.waseda.ac.jp/asianplop/>
- [11] Mark Mahoney, Tzilla Elrad, “A Pattern Story for Combining Crosscutting Concern State Machine”, Conference on Pattern Languages of Programs (PLoP), 2007.
- [12] 鷺崎 弘宜, “協調作業型のパターンマイニング・ワークショップ”, ウィンターワークショップ 2010・イン・倉敷 論文集, pp.91-92, 2010.
- [13] ET ソフトウェアデザインロボットコンテスト 2012, 組み込みシステム技術協会, <http://www.etrobo.jp/2012/>
- [14] Gunter Mussbacher, Michael Weiss, Daniel Amyot, “Formalizing Architectural Patterns with the Goal-oriented Requirement Language”, Conference on Pattern Languages of Programs (PLoP), 2006.
- [15] Yijun Yu, Julio Cesar Sampaio do Prado Leite, John Mylopoulos, From Goals to Aspects: Discovering Aspects from Requirements Goal Models, Proceedings of the Requirements Engineering Conference, 2004
- [16] Ivan Araujo, Michael Weiss, “Linking Patterns and Non-Functional Requirement”, Conference on Pattern Languages of Programs (PLoP), 2002.
- [17] Frank Roessler, Birgit Geppert, “The Selex Design Pattern : Decomposing State Machines Cluttered by Message Multiplexing”, Conference on Pattern Languages of Programs (PLoP), 2007.
- [18] 高木 伸雄, “HAZOP によるプロセス安全評価”, 電子情報通信学会研究報告, vol.104, pp.29-32, 2005

- [19] 下中 大輔, 鈴木 和幸, “ガイドワードを用いた航空インシデントレポートに基づくヒューマンエラーの分析”, REAJ 第 16 回信頼性シンポジウム, pp.9-12, 2008.
- [20] 久郷 信俊, 小森 有二, 山内 槇二ほか, “IEC 国際規格における HAZOP スタディの概要とその適用例”, REAJ 第 18 回秋季シンポジウム, pp.61-64, 2005.
- [21] Klaus Marius Hansen, Lisa Wells et al., “HAZOP Analysis of UML-Based Software Architecture Descriptions of Safety-Critical Systems”, Proceedings of NWUML, 2004.

付録

3.3.3 節において導出されたパターン, 第4章の被験者実験, およびワークショップにおいて新たに導出されたパターンの記述を付録する. 掲載順は以下の通りである.

(1)被験者実験により得られたパターン 8 種

- ・ハイブリッド走行
- ・電圧キャップ
- ・共有と確認
- ・ライバル心を煽る
- ・コースメイキング
- ・規約をしっかりと
- ・共同出資
- ・基礎からのモデリング

(2)ワークショップにより得られたパターン 2 種

- ・スタートを万全に
- ・問題の原因探索

(3)まいまい式パターンの適用により導出されたパターン 2 種

- ・マッピング走行
- ・キャリブレーション式

(1)被験者実験により得られたパターン

パターン名	ハイブリッド走行
状況	チャンピオンシップ大会に向けて速度と外乱光対策の両方を重視した走行が求められるとき。
問題	会場に外乱光の影響があり、キャリブレーション式ではコースアウトの危険性がある。 <u>まいまい式</u> を利用すると速度が落ちてしまう。
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・スピードを重視する必要がある ・外乱光によるコースアウトの心配がある ・<u>まいまい式</u>、<u>キャリブレーション式</u>を実装できる ・<u>自己位置推定</u>を実装できる
解決策	コースアウトの心配がない直線では速度を重視した <u>キャリブレーション式</u> や <u>直線走行</u> により走行し、リスクの伴うカーブでは安定性を重視した <u>まいまい式</u> により走行する。このように、コースの区間に応じて走行方法を流動的に切り替えることで、速度と安定性の両面を重視した走行を実現することができる。ただし、走行方法の切り替えを行うために <u>自己位置推定</u> の実装が必要である。また、コースの正確な位置を把握するため、 <u>コースの再現</u> を行う必要がある。
事例	ET ロボコン 2012 のチャンピオンシップ大会では、照明の光が非常に強かったために、早さを重視した <u>キャリブレーション式</u> で挑んだチームは次々とコースアウトする事態となった。これはハイレベルなチャンピオンシップ大会においては異例のことである。このとき、 <u>まいまい式</u> を応用したハイブリッド走行を実装した数チームが走行部門で好成績を収める結果となった。
関連パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・まいまい式 ・キャリブレーション式 ・直線走行 ・自己位置推定 ・コースの再現

パターン名	電圧キャップ
状況	毎回のテスト走行を等しい条件下で行いたいとき.
問題	同じプログラムでも電圧によって走行体の挙動が大きく変わってしまう. 使う電池の種類や電池の消費具合でも電圧が変わってしまい、それによって段差が登れないことや、走行速度の変化により走行切り替えのタイミングがずれてしまうことが多くある.
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・資金に余裕が無い ・高い電圧を維持する必要はない
解決策	走行体にする電圧の量のある程度低めの値で固定することで、電池の使用や変更による走行への影響を防ぐことができる. エボルタなど電圧値が初めから高い電池を利用する際は、固定値を下回るまで繰り返しテスト走行を実施することが可能となるため開発効率の向上にも繋がる. ただし、低めの電圧値で走行させるためフルパワーでの走行よりも速度や馬力が低下してしまうデメリットがある.
事例	本番の走行は新品のエボルタを利用するため、電圧値が高すぎて坂道で倒れてしまうチームや難所攻略のための制御に狂いが生じてしまうチームが少なからず見られた.
関連パターン	・いつもフル充電

パターン名	共有と確認
状況	大きな目標に向けて開発を進めたいとき.
問題	メンバーが個々でタスクを行うと、全体の進捗が不明瞭となり目標までのスケジューリングが定まらなくなってしまう. メンバー全員が一箇所に集うことは難しい.
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・メンバーが集まる機会が少ない ・大きな目標が決まっている
解決策	<p>情報や進捗をメンバー全員で共有・確認しながら開発を進めていくことで、<u>大きな目標</u>へ向けた<u>日々の目標</u>も自然と決まり、着実に成果を上げることができる. 具体的には、以下のようなツールやサービスを利用することが望ましい.</p> <p>○資産の共有</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ dropbox や googledrive などのファイル共有ツール ・ subversion などのバージョン管理ツール

	○情報・進捗の共有 ・ redmine などのプロジェクト管理ツール ・ Facebook などの SNS サービス
事例	我々はこれまでの ET ロボットコンテストにおいて、モデルの共有に Google Drive, ソースコードの管理に subversion, タスク割り振りに redmine を利用し、効率よく開発を進めるための環境を構築した。
関連パターン	・ 大きな目標 ・ 日々の目標

パターン名	ライバル心を煽る
状況	<u>大きな目標</u> に向けて開発を進めたいとき
問題	メンバーひとりひとりが確実に開発を進められるとは限らない。 長期に渡る開発期間で常にモチベーションを維持することは難しい。
フォース	・ メンバーが複数人いる ・ <u>他チームとの交流</u> を築いている
解決策	他のチーム、もしくはチーム内のメンバーと進捗を競い合うことで、ライバル心を煽りモチベーションの向上を図る。他チームとであれば、走行タイムや難所の突破状況を競い合うことで、モチベーションの向上のみならず <u>他チームとの交流</u> を深めることにも繋がる。チーム内であれば、各難所の突破率を競う等で開発効率を高めるのみならず、 <u>チームの親睦</u> を深めることにも繋がる。
事例	チームを <u>シニアとジュニア</u> に分け、同じ開発スペースで競いながら作業を進めた結果、両チームとも好成績を残すことに成功した。
関連パターン	・ 大きな目標 ・ 他チームとの交流 ・ チームの親睦 ・ シニアとジュニア

パターン名	コースメイキング
状況	テスト走行を行うための練習コースが本番と近い環境になっていない。
問題	本番に近い環境でないと PID 値の調整や自己位置推定の実装が困難である。
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・レプリカコースを購入する資金がない ・コースを広げるスペースがある
解決策	本番に近い環境を整えるため、厚紙に本番コース同様のラインを印刷するなどしてコースを作成する。シーソーや階段、ゲートなどの各難所については、板やブロックを組み立てることで容易に作成できる。競技規約にはラインや難所のスケールが細かく記載されているため、本番に近いコースを安価で作成することは充分可能である。
事例	我々はこれまでの ET ロボットコンテストにおいて、シーソーや階段を自ら作成し、難所に対するテスト走行を繰り返し行うことができた。
関連パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・コースの再現 ・コースレンタル

パターン名	規約をしっかりと
状況	大会規約をメンバー全員が把握していないとき。
問題	大会規約をしっかりと把握していないと、走行体の仕様や難所の突破基準が不明瞭なまま開発を進めてしまい、仕様の変更を余儀なくされる場合がある。
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・大会規約が公開されている ・メンバーが複数人いる
解決策	メンバー全員が規約にしっかりと目を通し、個々で把握するのみならず、全員で集まって規約の内容を確認する機会を設けることが望ましい。また、規約は頻繁に更新が行われるため、その都度確認を怠らず、常にメンバー全員が最新の状況を把握するとよい。メンバーが仕様を理解していることにより、開発の際の意思疎通なども容易となり開発効率の向上にも繋がる。
事例	プロジェクトの最初期に規約を全員で朗読する機会を設けたことで、突然の仕様の変更なども生じることなく円滑に開発を進めることができた。

関連パターン	・大会規約の分担
--------	----------

※このパターンは被験者実験により得られたパターン候補を基に、既知のパターンである「大会規約の分担」を改訂・統合した結果得られた新たなパターンである。

パターン名	共同出資
状況	テスト走行を行うための練習コースが本番に近い環境になっていない。
問題	本番に近い環境でないと PID 値の調整や自己位置推定の実装が困難である。
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・資金に余裕がある ・コースを広げられるスペースがない (あるいは上記 2 つのフォースをそれぞれ反意としたもの) ・<u>他チームとの交流</u>を築いている
解決策	他チームと共同出資することで、レプリカコースとそれを広げるためのスペースを確保し、本番同様の走行環境を整えることができる。また、協賛した他チームと同じ走行環境で開発を進めることとなるため、 <u>他チームとの交流</u> もそれまで以上に深めることができ、 <u>ライバル心を煽る</u> ことで開発のモチベーションを高めることも容易となる。
関連パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・コースの再現 ・コースレンタル ・他チームとの交流 ・ライバル心を煽る

パターン名	基礎からのモデリング
状況	メンバーのモデリングに対する知識が乏しいとき。
問題	UML を利用したモデリングやモデルベース開発の知識を有していなければ、評価項目に即したモデルの作成やモデル間のトレーサビリティを理解することは困難である。
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・メンバーの経験が乏しい ・モデリングを学ぶ時間がある
解決策	まずはモデルベース開発や UML の基礎を学ぶことが大切である。ET ロボットコンテストには技術教育の機会があるが、それに加えて書籍等で基礎的な知識をしっかりと身に付けるとよ

	い. モデリングの基礎を理解することで, 評価項目や開発工程に則ったモデルの作成やトレーサビリティの考慮が可能となり, <u>審査団の好み</u> に合致する <u>勝てるモデル</u> の作成に繋がる.
関連パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・審査団の好み ・勝てるモデル

(2)ワークショップにより得られたパターン

パターン名	スタートを万全に
状況	地区大会やチャンピオンシップ大会などで走行体をスタートさせるとき.
問題	ラインの輝度の取得漏れなどのミスをしてしまうと, リスタートの許されない本番では致命的となる.
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・本番は一発勝負である ・<u>キャリブレーション式</u>や<u>まいまい式</u>を実装している (輝度の取得を必要とする) ・<u>現場チューン</u>ができる
解決策	<p>スタート前に確認すべき事柄をリストアップしておき, テスト走行において幾度となくシミュレーションを重ねておくべきである. また, 本番の緊張によりタッチセンサーの押下によるスタートに失敗してしまうリスクがあるため, Bluetooth を利用したリモートスタートを実装すると良い. 具体的な確認内容としては以下の項目が挙げられる.</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各種デバイスに接続されているケーブルの確認 ・走行体の設置場所の確認 (ラインの左端, 右端どちらであるか) ・インコース, アウトコースの確認
関連パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・現場チューン ・まいまい式 ・キャリブレーション式

パターン名	問題の原因探索
状況	走行体の実装の意図と異なる挙動をするとき.
問題	予期せぬエラーが原因である問題の特定は非常に困難である. 問題の原因は実装上のエラーのみならず, ハードウェア上の不具合などの場合がある.
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・走行体の挙動を肉眼で把握できる ・内部データのやり取りの把握は困難である
解決策	走行体の挙動をしっかりと観察した上で, 内的要因と外的要因

	<p>の両方を考慮しながら検証すべきである．その際，状況に合致するパターンと照らし合わせながら確認を進めると非常に効果的である．具体的には，以下のパターンによる影響が原因となる場合が挙げられる．</p> <ul style="list-style-type: none">・ <u>コースの再現</u>：照明による外乱光，日中の明るさに伴う輝度の相違，コースに発生するしわによるスリップ・ <u>いつもフル充電</u>：電圧低下に伴う馬力の低下，電池の種類による電圧値の違い・ <u>モータの性能差</u>：元々のハードウェアの性能差，使用による劣化
関連パターン	<ul style="list-style-type: none">・ コースの再現・ いつもフル充電・ モータの性能差

(3)まいまい式パターンの適用により得られたパターン

パターン名	マッピング走行
状況	チャンピオンシップ大会に向けて速度と外乱光対策の両方を重視した走行が求められるとき.
問題	光センサーを利用すると外乱光の影響を受けてしまう可能性がある. <u>まいまい式</u> を利用すると速度が落ちてしまう.
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・スピードを重視する必要がある ・外乱光によるコースアウトの心配がある ・<u>コースの再現</u>ができています ・<u>自己位置推定</u>を実装できる
解決策	ライントレースの実装を行わずに、コース上のカーブ地点や直線距離を走行体に記憶させることで、ラインを無視した走行をさせることが可能となる. 具体的には、モータの回転数や走行体の向き、走行時間などによる制御を利用してコースを走行する. ただし、正確なマッピングを実現するためには <u>コースの再現</u> が必要であり、 <u>モータの性能差等</u> の影響も加味しなければならないため多大な調整期間を要する.
関連パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・コースの再現 ・自己位置推定 ・まいまい式 ・モータの性能差

パターン名	キャリブレーション式
状況	速度を重視した走行が求められるとき.
問題	外乱光対策のために <u>まいまい式</u> を用いると、走行タイムが低下してしまう.
フォース	<ul style="list-style-type: none"> ・速度を重視する ・外乱光によるコースアウトの心配が無い
解決策	キャリブレーションとは、計測器具の偏りを基準量によって正すことである. コースの輝度を取得し、それを基準量とすることで計測器具の偏りを認知し、正確なライントレースを行うこ

	とができる。常に一定の速度を保ち続けることが可能であるが、外乱光によるラインの輝度の変化を考慮しないため、予期せぬコースアウトのリスクが存在する。
事例	2012 年度の東京地区大会においては、外乱光による影響があまり発生しなかったため、キャリブレーション式による速度を重視した走行を実装したチームが好成績を残す結果となった。
関連パターン	<ul style="list-style-type: none">・まいまい式・ハイブリッド走行