

時変目的協調推論技術の開発と 列車運転整理AIシステムへの適用

鶴田節夫† 江口俊宏† 大島俊哉‡ 酒井憲一†

†(株)日立製作所 システム開発研究所

‡(株)日立製作所 水戸工場

外界からのメッセージに対応して、時間的に変化する目的（時変目的と呼ぶ）を動的に生成し、これを分割したり、分割した目的を実行・調整しながら協調統合するための知識表現方法と、これを利用して問題を解くための推論機構を開発した。これを時変目的協調推論技術と呼ぶが、本技術は複雑かつ実時間で動的に変化する難問の解決のための知識情報処理機構を提供する。

東京を始めとする大都市通勤圏では、ラッシュ時の混雑による列車ダイヤの乱れが問題となっているが、これを回復するための運転整理は、全線の列車の動きを考えた複雑な判断を実時間で動的に行なう必要があり、そのシステム化は20年以上の課題であった。時変目的協調推論技術を、この運転整理AIシステムに適用し、その開発において本技術が動的で複雑な問題の解決用ソフトウェアの柔軟性、生産性を高める点で有用であることを確認した。

THE DEVELOPMENT OF DYNAMICAL GOAL COORDINATING INFERENCE TECHNOLOGY AND IT'S APPLICATION TO A TRAIN REGURATION AI SYSTEM

Setsuo Tsuruta† , Toshihiro Eguchi† , Toshiya Ohsima‡ , Kenichi Sakai‡

†Systems Development Laboratory,Hitachi,Ltd.

1099 Ohzenji, Asao_ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan

‡Mito Works,Hitachi,Ltd.

The inference technology called "Dynamical Goal Coordinating Inference "(DGCI) technology was developed. DGCI provides the knowledge representation style and mechanism for dynamical goal generation,control,and it's decomposition,execution and coordination. DGCI also provides an inference engine for solving problems by utilizing knowledge represented in the above style. DGCI was applied to an expert system for regulating commuters' trains in one of the biggest cities of Japan, which has not been in practical use for more than twenty years.

1. はじめに

AI技術の産業応用としてエキスパートシステムの開発が盛ん[1][2][8]に行なわれて来たが複雑あるいは大規模の知識処理を必要とするもの、例えば列車運行スケジューリングなど複雑なコマンドアンドコントロール(指令・管制)システムを対象とした知識情報処理技術の実用化例は少ない[3]。列車運行スケジューリングには列車の発着時刻や順序(待避・追越関係)など複雑な物理条件の判断だけでなく、車両・乗務員の運用に関する人為的条件や旅客サービスなどシステム全体を考えた多目的、大局的な判断が必要となる。

数理計画法や知識工学あるいはこれらを組み合わせた列車スケジューリング方式も提案されているが、この種の判断は人間や社会全体にも関係するため、自動化が難しく高度な計算機支援には至っていない[4][5][6][7][9]。

これを解決するために、列車ダイヤ作成システムに必要な複雑、大規模計画の立案支援AI技術(目的戦略志向協調推論技術[10]の原形)を開発した[3]。

一方、エレベータ保守員巡回計画作成については、手作業では手間と時間がかかる(延べ数千時間/月・全社)上、質も十分でなく自動計画立案が望まれていた。そこで上記技術を汎用化して、目的戦略志向協調推論技術[10]とし、これを適用してエレベータ保守員巡回計画作成AIシステムの実用化に成功した。

ところが運転整理(列車の遅延回復のための制御や計画変更)等、実時間で変化する状況下での計画の立案・変更においては、応答性も含めた実時間信頼性が要求され、近未来までの案でも良いから妥当な提案をタイミング良く行う必要がある。これは公共性が強く、社会的責任の重い指揮管制分野では共通している。また2次的な列車遅延の発生により達成すべき目的が新たに生じたり、それが状況や時間とともに急速に増大したり消滅したりする。

そこで、外界からのメッセージに対応して、時間的に変化する目的(時変目的と呼ぶ)を動的に生成・制御し、これを分割したり分割した目的を実行・調整しながら協調統合するための知識表現方法と、これを利用して問題を解くための推論機構を開発した。

これを時変目的協調推論技術と呼ぶが、本技術は複雑かつ実時間で動的に変化する難問の解決のための知識情報処理機構を提供する。

本技術を大都市通勤列車のAI運転整理システ

ムの開発に適用した。本システムの開発において、時変目的協調推論技術が複雑な問題解決ソフトウェアの柔軟性、生産性を高める点などで有効であることを確認した。

2. 本技術開発の背景及び必要性

2.1 開発の背景

大都市の過密化が進み、朝夕の通勤ラッシュによるダイヤの乱れが、ますます大きな問題となっている。近年の過密ダイヤにおいては、ある列車の数10秒程度の遅れが、次々と後続の列車に波及し、ダイヤの乱れが急速に増大する。このような列車の遅延状況を監視し、ダイヤの乱れを最小限にとどめ、ダイヤ通りの運転に回復させるための指令業務(運転整理)は、従来は指令員が経験的知識や勘を頼りに行なってきた。しかし

(1) 短時間に線区の大局や乱れ波及を考慮して判断の下せる熟練した指令員が不足し、

(2) 列車ダイヤの過密化によるダイヤ乱れの発生頻度や乱れ幅の増大などの理由で指令員の負担が高まりつつあり、また、

(3) 熟練者養成期間の短縮のためにも運転整理システムの要求がますます強くなって来ている。

さて、指令員は、担当線区特有の運行予測・運転整理のノウハウを持ち、これらの経験的な知識をもとに、その日の天候・イベント・時間帯など様々な条件を考慮して列車の運行状況を予測し運転整理を行っている。これらの指令員の持つノウハウや知識は、列車や駅の番線、ポイントのような設備条件などの物理条件から乗客や乗務員運用などの人為条件、営業方針に絡み、大量かつ多種多様である。そこで、これらが互いに競合せず、できるだけ相乗効果を高める様に協調させて推論し総合的に妥当な解を得る必要がある。このような多種多量の知識を効率良く処理するための推論技術としては、すでに列車ダイヤ作成やエレベータ保守員運用などに適用し、実用化してきた目的戦略志向協調推論技術[10]が有効と考えられる。

ところが運転整理(列車の遅延回復のための制御や計画変更)等、実時間で変化する状況下での計画の立案・変更、特に公共性が強く社会的責任の伴う意志決定を必要とする指揮管制分野においては、応答性も含めた実時間信頼性が要求される。近未来までの案でも良いから妥当な提案をタイミング良く行う必要がある。

さらに、それだけでなく物事が計画通りに進んで

いない混乱時は状況が動的で変り易く、変化への対応が重要である。あまり先のことは予測も評価も困難であり、思いがけない状況が発生する上、失敗しても後戻りはできない。例えば、ダイヤ変更による2次的な列車遅延の発生などにより達成すべき目的が新たに生じたりする。これらの目的は状況や時間とともに増大・消滅したり緊急度が急速に変化することも多い。

2. 2 必要性

従って、このような時間的に変化する目的(以下、時変目的と呼ぶ)に対しても、各種の知識間、および、人間とも協調をとり、状況に即した判断を可能とする必要がある。実時間応答性と信頼性も重要である。

そこで、このための推論の枠組みである時変目的協調推論方式を開発した。

3. 基本コンセプト及び機軸

3. 1 基本コンセプト

時変目的協調推論の基本コンセプトを図1に依り、以下に述べる。

(1) 運転整理は、運転や設備だけでなく乗客、営業方針など各種条件を広く考慮する必要がある複雑かつ高密度な鉄道輸送計画(ダイヤ)を扱う上、時間的要因までも絡む複雑で大量の知識を必要とする難問である。人間は難問や複雑で大きな問題にぶつかったり、それを責任をもって解決しようとする時は、課題や目的を明確にしようとする。さらに、これをより単純な下位目的に分割し手順や優先度を明確にして焦点を絞り、目的間の協調がとれる様に戦略的に問題解決して行く。難問になれば、目的間の矛盾や競合も多く一筋縄では行かないから代替戦略を考える。

しかも、運転整理の様に時間軸上で動的に変化する問題に対しては、後戻りが効かず過去の行動(指令)によって状況が変化するため、上記の目的や戦略が明確でないとパニックに陥り易い。

このため、使用目的や状況に応じて柔軟に対応できる様に、目的やその協調達成戦略により知識を組織化し協調させる必要がある。そこで、ダイヤ作成や保守サービス員運用に適用しその有効性を実証[3][10]済みの目的戦略志向協調推論技術をベースにする。

(2) 時間的に変化する状況に柔軟に対応するために、状況の変化と目的の重要度に応じて目的を動的に生成・削除・実行保留・再開・実行中止す

などの制御を可能とする。即ち、状況の変化を信号やメッセージとして捉え、認識して目的を動的に生成し制御する。この目的を時変目的と呼び、これに従属する下位目的とは区別する。つまり上記の目的戦略志向協調推論における目的戦略ネット[10]により分割して生成される下位目的とは区別する。制御も目的戦略ネット[10]による分割統合メカニズムとは別に、上記のメッセージ駆動型メカニズムにより独立して制御する。

(3) しかも、状況は実時間で変わるので、上記の時変目的制御は目的遂行途中でも直ちに実行し、応答性と処理効率の向上を図る。これは自他を問わず、遂行中の目的を制御する場合も遂行中の目的以外を制御する場合も、目的の遂行中に直ちに割込んで制御可能とする。

(4) 動的な状況下の実時間処理では、時間的に不変な正解、唯一解はないと考える。つまり近未来(例えば往復のダイヤまで)においてのみ妥当な解で良く、それもいくつかの代替案の1つで良いとの基本的立場をとる。実時間処理が必要なため、完全な正解にこだわらないことにより推論効率を上げることは不可欠と考える。

(5) 各サブシステム間の同期や外界との交信を独立性を損なわないで(交信相手以外のサブシステムからの影響を受けることなく)達成し、システム、ソフトウェアの拡張性・信頼性を高める必要がある。このためメッセージ交信をベースとする。但し、現在の計算機技術及びソフトウェア製造コスト下での実用性を考え、共有メモリによる交信や周期起動による制御に対しても開かれたインタフェースを提供する。

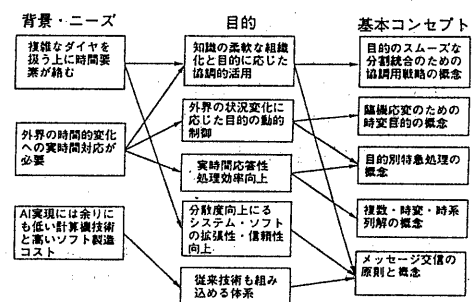


図1 時変目的協調推論の基本コンセプト

3. 2 基本機能

上記コンセプトを具体化するために下記の基本機能を目的志向協調推論機構(詳細は文献[3],[10]参照)に追加した(図2)。

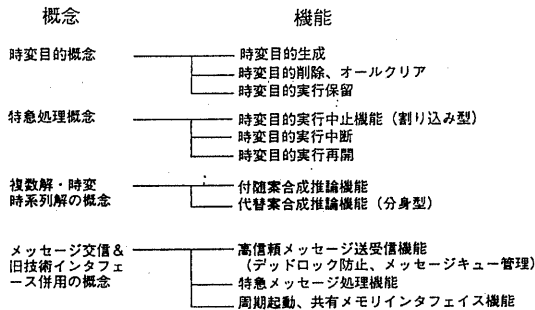


図2 時変目的協調推論基本機能(追加機能)

3. 2. 1 時変目的制御核機能

前節の時変目的協調推論の基本思想のうち(2),(3)を実現するための機能である。

(1) 時変目的生成

外部や自己からの目的生成メッセージ受信時に時変目的を生成する。

(2) 時変目的削除, オールクリア

指定された時変目的を削除する。オールクリアの場合, 時変目的, および時変目的生成用メッセージを全てクリアする。

(3) 時変目的保留

活性化条件が成立するまで時変目的を不活性化し, その遂行開始を抑制する。

(4) 時変目的遂行中止

重要度の低い自目的または他の目的の遂行中に割り込んで, 指定された時変目的の遂行を中止する。

(5) 時変目的遂行一時中断

例えば, 提案バッファ満杯の時, 整理案推論を一時中断し, 処理の不良や無駄を防止する。

(6) 時変目的遂行再開

(例えば, 提案バッファが空いたら)整理案推論を再開する。

以上の機能のうち(4)~(6)は目的別に基本優先度を与えこれをベースに代替案生成処理と特急処理を行う目的別特急処理概念に対応するもので, 割り込み機能等を利用して実現する。ここで(5)は(4)と異なり取止めでなく一時的な処理中断機能である。(6)により再開が可能である。但し, 時変目的の実行制御は中断・再開いずれも目的(下位目的も含む)を最小単位として可能である。即ち, 最下位の直接実行型目的[10]では直接実行手続きやルールが終了するまで実行を中止しない。

3. 2. 2 時変・時系列解および複数解生成機能

「少なくとも実時間処理では, 時間的に不変な正解, 唯一解は現実的には得られない。近未来においてのみ成立可能性のある解であり, それも幾つかの代替案の一つである。」という前節の時変目的協調推論の基本思想に基づく機能である。時変・時系列解生成のための付随案合成推論機能と, 複数解生成のための代替案合成推論機能から成る

(1) 付随案合成推論機能

擬人[3](後述4.4の(3))のスロット値を仮想的に時間的な順序関係を管理しながら逐次変更することを繰り返す。これにより整理操作つまり計画(ダイヤ)変更指令が目的生成により自動的に提案あるいは手動入力された時, これらの操作に伴う計画変更指令を必要となった時点で次々に連想して推論し, 時系列的に矛盾のない一連の整理操作列として合成する機能である。擬人のスロット値を変えるだけで実行ダイヤなど現実の状態や計画は変更しない仮想的な推論機能である。

(2) 代替案合成推論機能

個々のルールにより生成された代替操作を時間連鎖順に結合して戦略に指定された数の代替案を合成する機能。次の代替案を生成するための元の状況を親が保存し, 必要数だけその複製(子)を作成し子に代替案を生成させ, これを合成して複数の代替案からなる提案を生成する。つまり, 分身型推論機能である。

3. 2. 3 高信頼メッセージ交信機能その他

前節の時変目的協調推論の基本思想の(5)を実現するための強化機能である。

(1) 高信頼メッセージ交信機能

使用できるメッセージバッファの制限, 受信確認, デッドロック防止などをアプリケーションプログラムが意識せずにメッセージ送受信を行える機能および, その実現に必要な時変目的協調推論用メッセージキュー管理機能から成る。

(2) 特急メッセージ処理機能

上記デッドロック防止や時変目的の特急制御(e.g. 目的遂行途中での実行中止)などのための目的単位割り込み機能付緊急メッセージ処理機能。

(3) 従来技術インタフェース機能

周期起動や共有メモリなど, 従来型技術とのインタフェースのサポート機能。

4. A | 運転整理システムへの適用

4. 1 大都市通勤列車の運転整理自動化のニーズ

列車ダイヤの乱れを抑さえる指令業務(運転整理)は、これまで指令員の判断に頼っていた。ところが大都市過密路線では運転整理業務の負荷が非常に重くシステム化のニーズが高い。運転整理システムの実現には、実時間で変化する運行状況を迅速に、しかも総合的に判断し、局所案でなく近未来の路線全体の運行を考慮した整理案を立案する必要があるが、前述の通り難問である。

時変目的協調推論技術を適用し、この様な難問である大都市過密路線の運転整理システムを開発した。この開発において、時変目的協調推論技術が動的に複雑な問題の解決用ソフトウェアの柔軟性、生産性を高める点で有効であることを確認した。以下に、時変目的協調推論型A I 運転整理システムの全体構成を述べ、更に、時変目的協調推論技術を用いた運転整理案自動立案方式とその推論及び立案例を述べる。

4. 2 時変目的協調推論型A I 運転整理システム

本システムは、ダイヤに乱れが発生した際に運転整理案を指令員に提示して承認された提案をダイヤ管理システムに送信する(図3)。ダイヤ変更情報は、ダイヤ管理システムから各駅の制御装置に送られる。

(1) 運行予測部

ダイヤ管理システムから送られる運行実績データをもとに、90分先までの全列車の運行を予測する。予測結果は、ダイヤ図形式でグラフィック表示し、列車運行の支障監視に用いる。

(2) 運行監視部

列車の運行状況を監視し、遅延監視ルールがダイヤの変更を必要とする運行の乱れを検出し、遅延情報をA I 判断部に送信する。

(3) A I 判断部

目的戦略志向協調推論方式を用いて整理案を推論する。すなわち、運行監視部からの遅延報告メッセージに対し、まず遅延列車とそれに関連する運行状況情報を設定する。次に、運転整理知識のうち、直接、遅延に対処するための遅延整理知識を用いて整理案とその代案を立案する。それらの整理案の実施に伴い新たな支障解消(付随整理)の必要が生じた場合には、ダイヤ変更に伴って付随的に対処する付随整理知識を用いて整理案を追加・合成する。

(4) 提案実行部

提案ウィンドウ(図12の右下)に提案内容を表示し、提案ダイヤをダイヤ図ウィンドウ(図12の背景画面)にダイヤ図形式で表示する。指令員は提案を選択し、承認または否認の入力を行う。承認された提案はダイヤ管理システムに送信される。

4. 3 運転整理における時変目的協調推論機構

A I 判断部は、中間判断駅や折返し駅などの駅種別毎に目的対応に分割された遅延整理知識と付随整理知識を利用して整理案やその代案を立案する。A I 判断部の時変目的協調推論エンジン(図4)は、遅延整理ルールと付随整理ルールを列車の進行方向に沿って時間順に連鎖起動させることにより整理案を生成する。具体的には、目的協調推論機能[10]と3.2.1の(4)を除く前章の時変目的処理機能を中心とした、(1)目的協調型の知識の分割と選択、(2)運行状況の仮想的更新による付随案の推論、(3)複製プロセスによる代案の推論などにより自動立案機能を実現している。

(1) 目的協調型の知識分割と選択

時変目的協調推論方式は、多種多量の知識ベースを効率よく利用できる推論環境を提供する。本システムでは運転整理知識を駅種別毎の目的や戦略に着目して知識群に分割し、目的戦略ネットと呼ぶ多階層ネットワーク(図4、11)として構造化する。起動すべき個々の知識群は目的に対応した各戦略として記述する。目的協調推論エンジンは、ある知識群のルールが起動された後、次に起動すべきルールの属する知識群を目的戦略ネットにより選択する。こうして列車の進行方向順にルールを連鎖起動して整理案を推論する。

(2) 運行状況の仮想的更新による付随案の推論

時変目的協調推論エンジンはデーモン的な監視機能を持つ。ルールにより生成された整理案を監視し、これを実施した場合の運行状況の変化を仮想し、フレームを更新する。こうして随伴する問題の発生に対し付随整理案を推論することにより、運転整理案の推論を可能とする。

(3) 複製プロセスによる代替案の推論

代案の付随案を推論するには、第一案による付随案生成処理により仮想的に更新された運行状況フレームを元の状態にもどす必要がある。単独プロセスでこのような処理を行なうとフレームの管理が煩雑になり、効率も悪い。そこで、戦略に分身属性を指定すると時変目的協調推論エンジンはプロセスを複製し、この上でフレームの更新を行うことにより代替案を推論する。

時変目的協調推論型 AI 運転整理システム (2050G/EF)

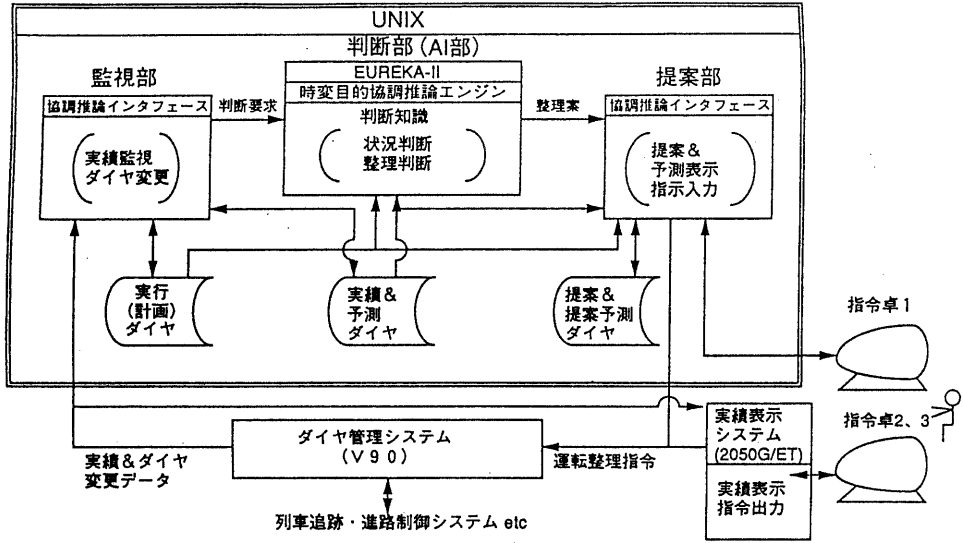


図 3 時変目的協調推論型 AI 運転整理システム (2重枠内)

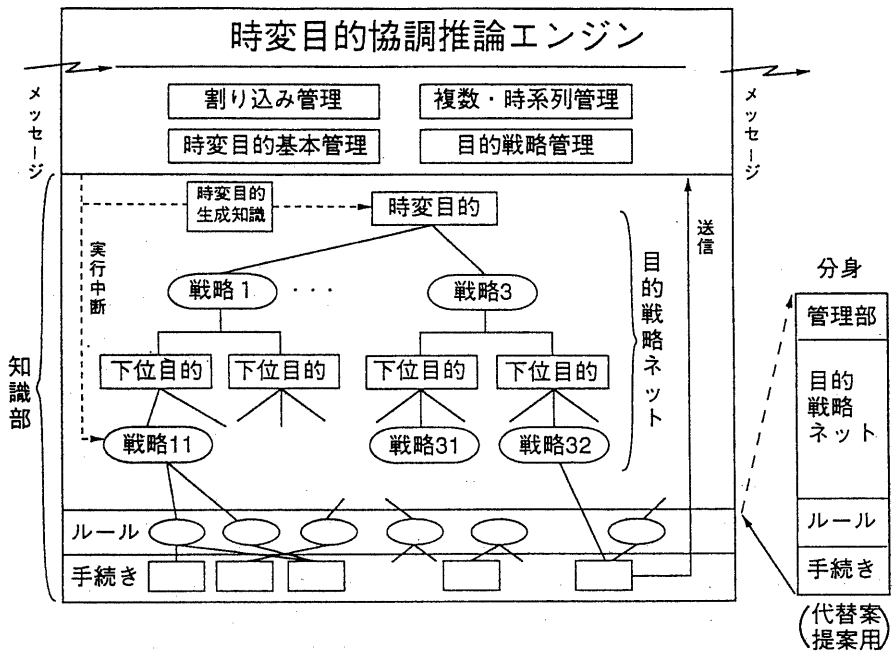


図 4 AI 判断部の構成

4.4 知識構成

目的、戦略、擬人の3クラスの上位知識と遅延整理や付随整理など局所的な整理操作を生成するための下位知識からなる。本システムでは上位知識はフレームで、下位知識はルールや手続きで表現している。

(1) 目的知識

運転整理を行う過程で動的に生成される目的、すなわち時変目的(e.g. 駅Aで列車の遅延を認識したらその前方折返し駅での遅延整理目的が生成されると、これら時変目的の下位目的から構成する(図5)。

(遅延整理	
クラス	目的
ID	遅延整理
担当	状況判断擬人
生成条件	中間判断駅遅延報告
緊急度	大
)	

図5 目的フレームの記述例

(2) 戦略知識

目的を達成するための方法を表現する。主に、分割型と実行型の戦略からなる。前者は、目的を複数の下位目的に分割し統合する方法を、後者は、手続きやルール群を起動して目的を直接実行して達成するための方法を表現する(図6)。

(中間駅遅延整理戦略	
クラス	戦略
ID	中間駅遅延整理戦略
適用目的	遅延整理
優先度	10
タイプ	ルール型
イベント	中間判断駅整理要求
担当	状況判断擬人
)	

図6 戦略フレームの記述例

(3) 擬人

目的の達成状況と戦略の実行状況を管理するために、推論システムが提供するモニタ擬人(図7)とルール型知識の条件部などで参照する内外の状況(e.g. 列車の運行状況や整理案の生成状況や整理効果)を記憶したり、手続き型の実行戦略で使用する手続きの本体を記述する専門家擬人(図8)から構成する。

(モニタ	
クラス	アクター
ID	モニタ
目的	未定
戦略	未定
担当	未定
実行ルール	未定
手続き	未定
)	

図7 モニタフレームの記述例

(状況判断擬人	
クラス	アクター
時間帯	NULL
監視駅	NULL
遅延量	0
遅延予測	0
:	
#_method定義	
)	

図8 専門家擬人フレームの記述例

(4) 遅延整理知識

列車の遅延が発生した場合に、遅延の拡大と他列車への影響を最小限に抑えるための知識であり、遅延発生時の提案を生成する(図9)。遅延整理知識は、ルール型の知識であり、遅延整理目的をルートとする目的戦略ネットにより組織化されている。

```

(中間判断駅遅延整理)
(中間判断駅_□□□)
( if 状況判断人 @ダイヤ種別 = 平日ダイヤ
@時間帯 = 朝ラッシュ
@監視駅 = 中間判断駅
@問題列車行先駅 = 途中折返駅
@遅延量 > 120
@遅延予測 > 240 )
then ( send 状況判断人 運行順変更
( @相手列車, 途中折返駅, @次リンク列車 ) )

```

図9 遅延整理知識の記述例

(5) 付随整理知識

ダイヤ変更実施に伴って他の列車の運行に新たな問題が発生する場合に必要な運転整理知識である(図10)。付随整理知識もルール型の知識であり、付随整理目的をルートとする目的戦略ネットにより組織化されている。

```

(途中折返駅付随整理)
(途中折返駅_△△△)
( if 状況判断人 @ダイヤ種別 = 平日ダイヤ
@時間帯 = 朝ラッシュ
@実施駅 = 途中折返駅
@変更操作 = 運行順変更
@指定列車行先駅 = 終端駅
@相手列車行先駅 = 終端駅
@相手列車 = @後着列車 )
then ( send 状況判断人 番線変更
( @指定列車, 終端駅, @相手列車着番線 )
( send 状況判断人 番線変更
( @相手列車, 終端駅, @指定列車着番線 )
( send 状況判断人 運行順変更
( @次リンク列車, 終端駅, @次リンク先発列車 ) ) )

```

図10 付随整理知識の記述例

4.5 推論出力例

中間判断駅での遅延整理と途中折返駅での付随整理の連鎖起動を例に、目的戦略ネット(例えば図11)を用いた本推論方式による運転整理案の推論とその出力例(図12)を示す。

(1) 遅延状況合成

運行監視部からの遅延報告メッセージ「列車2015Bが、中間判断駅で6分25秒遅延」をもとに、操作人は遅延列車とその関連の運行状況を実績ダイヤ・予測ダイヤ等を参照して作成そのスロットに設定する。これにより時変目的協調推論エンジンは(中間判断駅)遅延整理目的を生成する。

(2) 中間判断駅遅延整理

時変目的協調推論エンジンは、中間駅での遅延発生に対処するための上記目的に対し中間判断駅遅延整理戦略を複数の戦略の中から選択する。次に、この戦略に記述された知識群の中から、条件文が運行状況にマッチするルール、例えば中間判断駅ルール□□□(図9)を起動し、途中折返駅での

運行順変更の整理案を生成する。

(3) 途中折返駅付随整理

時変目的協調推論エンジンは、上記(2)の整理案に随伴する問題点の解消のための付随整理目的を生成しこれに対して途中折返駅付随整理戦略を選択・実行する。すなわち、上記整理(運行順変更)案を実施した状態を仮想してフレームを更新し、例えば途中折返駅△△△ルール(図3)を起動し、終端駅での番線変更および折返し列車の運行順変更案を付随整理案として生成する。

(4) 代替案生成

前記(2)で分身属性をもつ戦略を選択すると、目的協調推論エンジンは、(2)で生成した整理案の代替案を生成するために、プロセスを複製して処理を分担させる。

5. 有用性

本技術は柔軟なルール型知識と、擬人として対象指向(オブジェクト指向)的にパッケージ化した高速な手続き知識を、目的とその分割統合戦略から成る目的戦略ネットの終端ノードとして階層構造化して表現し、問題を目的分割・分担・実行・調整して解決するための推論の枠組みを提供する。また、状況の時間的な変化に即応して問題や目的を認識・生成しその遂行を動的に制御できる。(図4, 9~11)。

知識が目的志向的に整理、構造化されるため、知識の獲得・検証が比較的容易であり、図3の運転整理システム(2重枠内)のうちAI判断部の開発は、途中知識の変更、追加もあったが、ダイヤなど計画データベースの管理や表示、通信インタフェースなど他の部分より早く高信頼にできた。線区の違いや線区の延長改修や設備や社会情勢の変化によるノウハウの追加・変更も比較的容易であることが期待できる。

本推論方式を適用したAI運転整理システムは、例えば、上流の駅で生成された整理案の実施による影響が下流駅に波及する場合、時間的な状況変化を考慮して下流駅での整理目的を生成・達成し下流駅での整理案も実時間で推論し合成する。このため、大局的な運転整理案がタイムリーに立案可能であると考えられる。

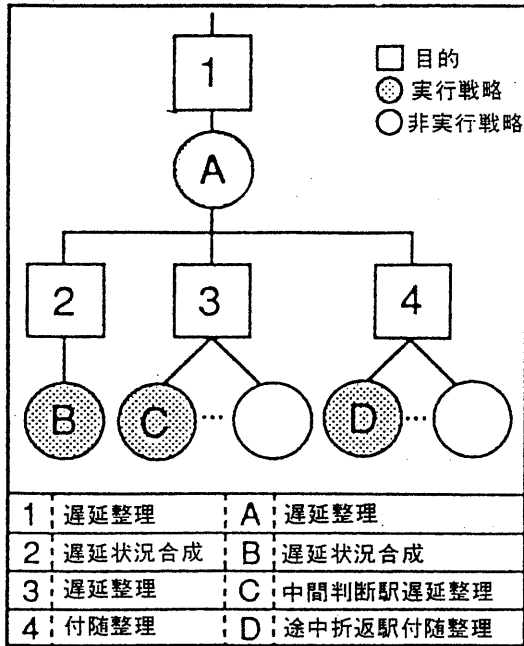


図 1 1 目的戦略ネットの例 (一部)

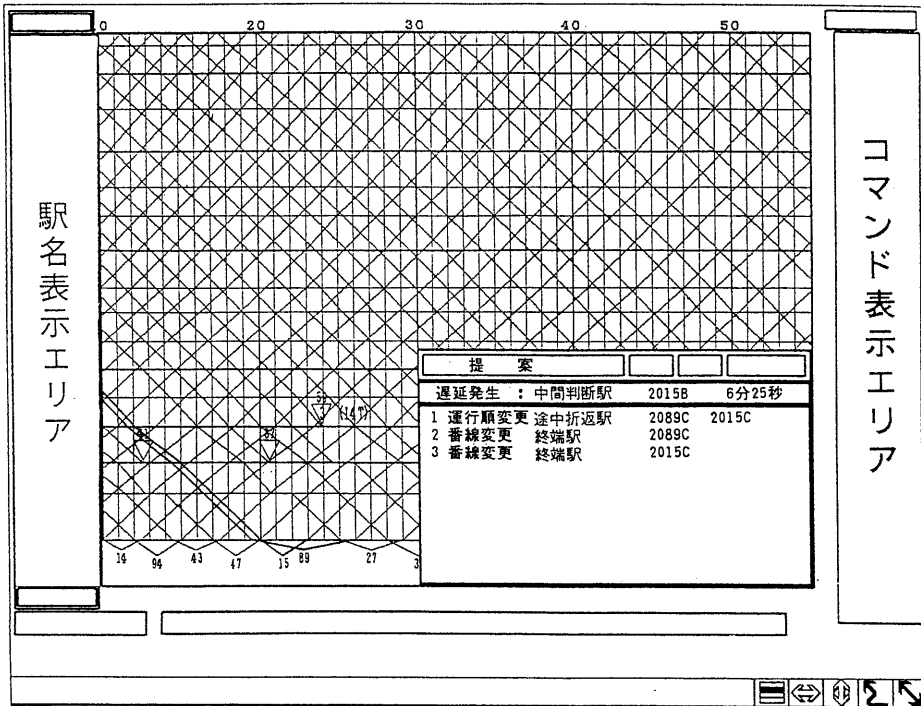


図 1 2 提案出力結果

6. おわりに

時間的に変化する目的を動的に生成し、分割・協調・制御して問題を解くための知識情報処理技術である時変目的協調推論技術を開発した。

本技術を大都市過密路線の列車乱れを回復するためのAI運転整理システムに適用した。本適用により、時変目的協調推論技術が複雑かつ時間的に変化する問題解決のためのソフトウェアの生産において有用であることを確認した。

参考文献

- [1] McDermott, J.: R1: A rule-based configurer of computer systems., Artificial Intelligence Vol. 19 No1, pp.39-88(1982)
- [2] 井原: 知識工学の産業界への応用, 電学誌, 103, 204, (1983)
- [3] 鶴田, 他: 知識工学応用列車ダイヤ作成支援システムの開発, SICE'89 JSS 3-13, P847-P850
- [4] 荒屋, 他: ヒューリスティクスを利用した列車運転整理手法, 電学誌C, 30, 249, (昭和58)
- [5] 柳川, 他: 新幹線列車指令におけるマンマシンの適合について, 第14回鉄道サイバネ論文集, 235, (昭和52)
- [6] 鶴田, 江口, 他: 列車運行予測のための協調推論型知識調整方式, 第41回情報処全大, (平成2)
- [7] 鶴田, 他: 協調推論型知識情報処理の一方式, 情報処理学会論文, Vol.30 No4, (1989), p427-P438
- [8] Erman, L.D., Hayes-Roth, F., Lesser, V.R., and Reddy, D.R.,: The Hearsay-II speech-understanding system: integrating knowledge to resolve uncertainty, Comput. Surv., 12, 213, (1980)
- [9] 荒屋, 阿部: 分岐限定法とプロダクションシステムの組合せによる運転整理最適化, proceedings of the 4th Mathematical Programming Symposium 1983年11月
- [10] 鶴田, 他: 目的戦略志向協調推論技術の開発とエレベータ保全員巡回問題への適用, 第43回情報処全大, 2-87 (平成3)