

AI を利用したビームタイム配分システムの開発

○成田 千春^{A)}、 仁谷 浩明^{A)}

A) 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

1. 背景

高エネルギー加速器研究機構 放射光実験施設 (KEK-PF) では年に 3 回、500 以上の課題からビームタイムの申請があり^[1]、各ビームライン担当者が配分作業を実施している。配分ルールはビームラインごとに異なり、現在は主に Excel を用いて手作業で配分が行われている。

申請数の増加および制約条件の複雑化に伴い、配分業務の効率化が重要な課題となっている。そこで本研究では、生成 AI を用いたビームタイム自動配分の可能性を検討するとともに、配分結果の妥当性を評価する専用アプリケーションの開発を行った。

本システムが実用化されれば、従来約2週間を要していた配分作業の短縮が期待される。また、配分処理の標準化により、公平性向上や申請締め切り設定の柔軟化など、利用者側にも利点があると考えられる。

2. 現状と課題

現行の配分作業には、長い場合で約2週間を要する。この期間中、配分担当者は配分業務に拘束され、他業務への影響が生じることなどが問題視されている。また、ユーザー要望の整理、配分案作成、確認作業までを手作業で行うため作業負荷が高く、人的ミスのリスクも内在している。特に配分と確認は作業量が多く時間もかかるため、負担の大きい工程である。

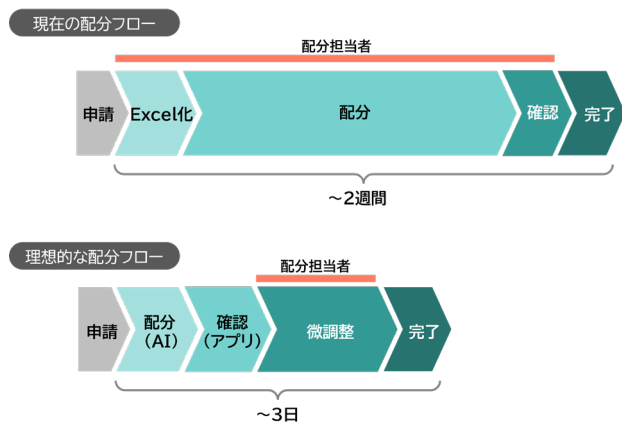


図 1. 配分フローの現状と目標

理想的には、大まかな配分案の作成と確認作業を自動化し、配分担当者が手作業で行う業務は最終確認や微修正のみに留めることが望ましい。配分作業にかかる時間も数日程度に収まれば、他業務への影響も最小限になることが期待できる。

このような課題を踏まえ、本研究では負荷の大きい工程を分離し、以下2つのアプローチを実施した。

- 配分結果の検証を自動化する「配分チェッカーアプリ」の開発
- 生成 AI を用いた配分案自動作成の検討

3. 試行

3-1 配分チェッカーアプリの開発

従来の方法では、配分結果がユーザー要望を満たしているかの確認作業には多くの時間を要すうえ、人的ミスリスクが高い。そこで、作業時間短縮と配分ミスの正確な検出を目標に、配分結果の妥当性を自動評価する「配分チェッカーアプリ」を開発した。

複数の配分担当者が各自の環境で利用できるよう、本システムはインストール不要の **Web** アプリケーションとして構築した。

[illegible]

図 2. チェッカーアプリの概要

本アプリによるチェックでは、まず配分結果およびユーザー要望を記載した Excel ファイルをそれぞれアップロードする。アップロード後に比較処理を実行すると、両データを自動的に照合し、設定した評価項目に基づいて不一致箇所を検出する仕組みとしている。これにより、従来は目視で確認していた配分ミスを迅速かつ網羅的に抽出することが可能となった。また、本アプリは KEK 所内ネットワークか

らのみアクセス可能な環境に構築しており、外部アクセスを遮断することでセキュリティ面を担保している。

評価	課題番号	責任者	希望BL	希望日	不可日	希望実験時間	エラー
5	課題131	氏名74	BL-15A1_XA FS	All OK	2026/02/17-2026/02/17	36	・配分不可
4	課題3	氏名2	BL-9A, 9C, 12C	2026/02/15-2026/03/10	2026/01/31-2026/02/01, 2026/02/10-2026/02/10, 2026/02/12-2026/02/13, 2026/02/24-2026/02/25	48	・配分日時が希望外
4	課題7	氏名5	BL-9A	2026/02/01-2026/03/31	2026/01/26-2026/02/01, 2026/02/12-2026/02/13, 2026/02/07-2026/02/07, 2026/03/04-2026/03/10	24	・配分日時が希望外 ・配分日時が不可日
4	課題22	氏名15	BL-9A	2026/01/26-2026/02/06, 2026/02/24-2026/03/06	2026/02/07-2026/02/23	24	・配分日時が希望外
4	課題33	氏名17	BL-9A, 9C, 12C	All OK	2026/01/26-2026/01/26, 2026/02/24-2026/02/28, 2026/03/11-2026/03/14, 2026/03/16-2026/03/20	24	
4	課題34	氏名17	NW10A	All OK		24	

図 3. エラーや警告の表示

チェッカーアプリによる妥当性の評価は、以下の3項目における不一致を検出することで行う。

- ① 希望ビームラインに配分されていること
- ② ユーザーの不可日に配分されていないこと
- ③ 希望実験時間を満たしていること

いずれかに不一致が検出された場合は赤色で「エラー」を表示する。また、希望より多く配分されている場合など重大ではない不一致は、黄色で「警告」として表示する。希望条件を満たせず配分不可となった課題は灰色で「配分不可」と表示し、全体の配分率を自動算出する。

評価	課題番号	責任者	開始日	開始時刻	終了日	終了時刻	実験時間	編集
14	課題47	氏名27	2026-01-26	09:00	2026-01-26	21:00	12	編集
14	課題93	氏名52	2026-01-26	09:00	2026-01-26	21:00	12	編集
9	課題29	氏名17	2026-01-26	09:00	2026-01-27	09:00	24	編集
8	課題55	氏名32	2026-01-26	09:00	2026-01-27	09:00	24	編集
8	課題66	氏名39	2026-01-26	09:00	2026-01-27	09:00	24	編集
14	課題73	氏名42	2026-01-27	09:00	2026-01-27	21:00	12	編集
14	課題75	氏名43	2026-01-27	09:00	2026-01-28	09:00	24	編集

図 4. 編集機能とファイル保存機能の搭載

さらに、エラー箇所をアプリ上で直接修正できる機能や、修正後データを Excel・PDF で出力できる機能を実装した。なお本アプリは、AI による自動配分と併用することを想定して設計したものであるが、従来どおり配分担当者が手作業で作成した配分案に対しても適用可能である。

本アプリの導入により、配分ミスを高精度で検出

することが可能となった。従来数日を要していた確認作業は数分で完了し、確認工程の大幅な効率化が実現した。

一方、正確な比較には所定フォーマットへ整形された Excel ファイルが必要であり、入力データ整形が新たな負担となっている。現在はビームラインごとに申請形式が異なるため、統一フォーマットへの変換に時間を要する。今後は多くのビームラインにおける申請フォーマットの標準化を検討し、さらなる効率化を目指す。

本アプリは PF 2025 年度第Ⅲ期運転の配分作業で実際に導入され、複数の人的ミスの発見に寄与した。

3-2 AI による自動配分の検討

配分作業の自動化を目的として、生成 AI の導入可能性を検討した。ビームタイム申請には実験者氏名や連絡先、課題番号などの個人情報が含まれるため、クラウド型 AI の利用は適切ではない。そこで所内専用サーバー上にローカル環境を構築し、LLM を用いた自動配分を試みた。

配分手順としては、まず申請データを CSV 形式に変換し、配分条件を記載したプロンプトとともに AI へ入力する。出力された配分結果を評価し、必要に応じて修正指示を与えることで精度向上を図る。この工程を繰り返し、最終的に担当者が確認・微修正を行い完成形とする運用を想定している。

検証では、フリーソフト LM Studio 上において openai/gpt-oss-120b モデル^[2]を使用し、PF BL-19 における 2025 年度第Ⅲ期運転の実際のユーザー申請 24 件を対象に配分を実行した。AI の処理時間は 1 回あたり平均約 4 分であり、複数回の試行を含めても手作業に比べて大幅な時間短縮が確認された。

AI による配分の最大の利点として、日本語の会話形式で指示を与えられる点が挙げられる。図 5 のように日本語でプロンプトを入力することで直感的な操作が可能であり、専門的なプログラミング知識やコーディング作業を必要としない。このため、担当者が配分条件や修正指示をそのまま自然言語で記述でき、操作のハードルが低いという特徴がある。さらに、一度出力された配分結果に対して修正依頼のプロンプトを送信することで、複数回の改良ができることを確認した。このように条件の追加や修正も対話形式で柔軟に指示できるため、従来のアルゴリズム型システムと比較して試行錯誤が容易である。

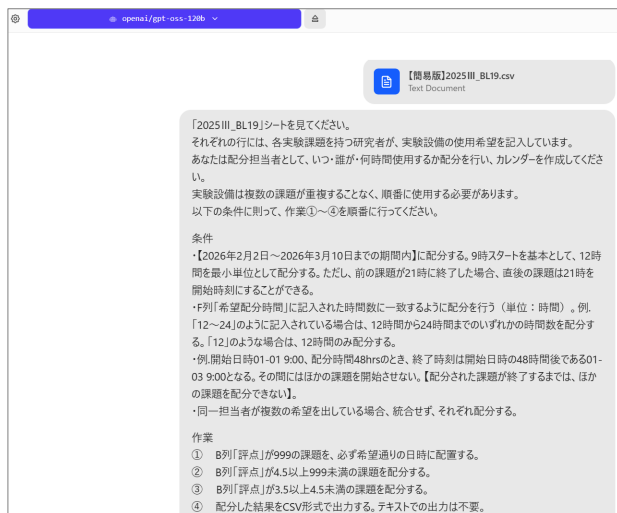


図 5. プロンプト送信画面

一方で配分精度は十分とは言えず、特に複数の実験が重複した日付に配分されるなど、矛盾のある出力が見られた。このようなハルシネーションは、配分作業に限らず AI 分野全体の課題であると言える。そのため、現段階では担当者による確認および修正作業が不可欠である。

課題番号	課題責任者氏名	プランチ	開始日時	終了日時
課題番号1	実験者1	19A (STXM)	2026/2/3 9:00	2026/2/5 9:00
課題番号2	実験者2	19B (フリーポート)	2026/2/4 9:00	2026/2/5 9:00
課題番号3	実験者3	19B (フリーポート)	2026/2/6 9:00	2026/2/7 9:00
課題番号4	実験者4	19A/B 両方	2026/2/7 9:00	2026/2/8 9:00
課題番号5	実験者5	19B (フリーポート)	2026/2/8 9:00	2026/2/8 13:30
課題番号6	実験者6	19A/B 両方	2026/2/10 9:00	2026/2/11 21:00
BL調整1	BL担当者	19A (STXM)	2026/2/12 9:00	2026/2/13 9:00
課題番号7	実験者7	19A/B 両方	2026/2/12 9:00	2026/2/22 9:00

重複する日に配分されている

図 6. 実際の配分結果の一部

なお、本検証は実運用よりも簡略化した条件下で実施している。実際には申請件数の増加や制約条件の複雑化が想定されるため、実用化にはさらなる精度向上が必要である。今後はプロンプトの最適化に加え、AI による配分を複数回に分け、要求条件を段階的に処理する配分手法の検討を進める。現段階では、OpenAI 社のモデルをサーバー上にダウンロードし、ローカル環境で実行しているにとどまっており、モデル自体に配分条件を学習させる仕組みは構築していない。すなわち、現行の運用はプロンプトベースの推論利用に限定されている。今後は専用データベースとの連携を図るなど、過去の配分実績や制約条件を参照できる環境を整備することで、より高度な運用を目指す。また、将来的には AI への追加学習や条件最適化を視野に入れ、実用化に向けたさらなる精度向上を図る予定である。

4. 結果

PF におけるビームタイム配分作業の効率化を目的として、生成 AI を用いた自動配分手法および配分確認用チェッカーアプリを開発した。

チェッカーアプリの導入により、配分案の確認作業時間は大幅に短縮され、人的確認作業の効率化が実現した。一方で、入力データの書式整形作業が新たな律速要因となっていることが明らかになった。

生成 AI による配分では、LLM をローカル環境で運用することでセキュリティを確保しつつ、配分案作成時間の短縮を達成した。しかし、PF 特有の複雑な制約条件を完全に満たす精度には至らず、AI 単独での実運用には課題が残ることが確認された。

5. まとめ

本研究により、チェッカーアプリは配分作業の効率化および精度向上に有効であることを確認した。一方、生成 AI による自動配分は時間短縮効果を示したものの、複雑な制約条件への対応には限界があることが明らかとなった。

今後は、AI 配分精度向上のためのプロンプト最適化および専用アルゴリズムの開発を進め、チェッカーとの統合を図る。また、各ビームラインの申請フォームを統一し、申請・配分・確認を一体化したシステム構築を目指す。

謝辞

本システムの構築におきましては、KEK-PF における配分担当者およびビームライン担当者みなさまに、データ提供や試用運転にご協力いただきました。特に BL-19 担当者の山下翔平氏には実際の申請データをご提供いただき、今後の開発についても積極的なご意見をいただきました。また小澤健一氏、丹羽尉博氏にはアプリケーションの試用にご協力いただき、貴重なご意見を多数いただきました。

みなさまの多大なご尽力に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 「PAC 採択課題一覧」, <https://www2.kek.jp/imss/pf/use/list/>
- [2] 「Model Catalog」, <https://lmstudio.ai/models>