

厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合推進事業）  
分担研究報告書

解析用パソコンの設置と研修に関する研究

|       |       |                  |         |
|-------|-------|------------------|---------|
| 研究協力者 | 瀬戸 順次 | 山形県衛生研究所         | 研究専門員   |
|       | 和田 崇之 | 大阪公立大学大学院生活科学研究科 | 教授      |
|       | 野本 竜平 | 神戸市健康科学研究所       | 副部長     |
|       | 坂上亜希恵 | 宮城県保健環境センター      | 副主任研究員  |
|       | 淀谷 雄亮 | 川崎市健康安全研究所       | 主任      |
|       | 安井 善宏 | 愛知県衛生研究所         | 生物学部長   |
|       | 川瀬 遵  | 島根県保健環境科学研究所     | 感染症疫学部長 |
|       | 成田 翼  | 宮崎県衛生環境研究所       | 主任技師    |

研究要旨

地方衛生研究所等（地衛研）において、コマンドラインを用いたゲノムデータ解析を自律的に実施可能な状況にすることを目的として、全国 6 ブロックでの拠点の選定とパソコンの設置、インターネット環境に関するアンケート、および現地研修会を実施した。

全国 84 地衛研から希望を募って選定した結果、各ブロック 1 か所、計 6 地衛研が拠点に選定された。このうち、インターネット環境上の問題を抱えていた 1 地衛研を除く 5 地衛研には、病原体ゲノム解析に適したパソコンを設置した。

インターネット環境に関するアンケートを実施したところ、84 地衛研中 29 地衛研（34.5%）において、現時点ではコマンドラインによるゲノムデータ解析を実施できない、もしくはできない可能性があるという調査結果になった。通信インフラ未整備によりゲノムデータ解析を自施設で実施できない致命的な問題点を解決していくために必要な支援について、今後、本研究班においても検討していく必要がある。

研修会は近畿、関東・甲・信・静、および東海・北陸ブロックにおいて、各 2 日間、事前にコマンドライン実施のための環境を構築したパソコンを研修会場に持ち込む形で実施し、計 82 人が参加した。初学者が理解しやすいような平易な説明や、データ解析の際に生じたエラーをその場で一緒に解決していく姿勢を徹底した結果、研修後のアンケートにおいて、研修参加者の 96.2%が 5 段階のうち最も高い評価の「非常に良かった」を選択した。また、現地集合型の研修会としたことで、主催者、拠点、およびブロック内地衛研が一体となった研修を実施することができた。その関係性は、病原体ゲノムデータ解析における将来的な地域間連携の礎とも言えるものであった。一方で、研修後のアンケートにおいて研修に対する批判的意見が一定程度示されたことから、今後、研修内容に磨きをかけ、2025 年度開催の残りのブロックでの研修会を進めていく必要がある。

## A. 研究目的

地方衛生研究所等（以下、「地衛研」という。）に配備されている次世代シーケンサーから得られるゲノムデータの解析は、現状では国立感染症研究所のプラットフォームや高額な有償ソフトを用いた解析が中心になっている。それらツールは便利な反面、決められた解析しかできない、有償ソフトの利用更新が止まると解析できなくなる等の問題点がある。そこで、地衛研においてコマンドライン（パソコン上で文字を入力して解析の指示を出す方法）で実行する無償ソフトを用いたゲノムデータ解析を自律的に実施可能な状況にすることを目的とし、全国 6 ブロックの地衛研に拠点とパソコンを置き、各ブロックでの現地研修を行うこととした。

## B. 研究方法

### 1. 拠点希望および現状調査

2024 年 6 月、地方衛生研究所全国協議会所属の 84 地衛研を対象として、拠点希望およびゲノムデータ解析に関する現状把握のためのアンケートを実施した。

### 2. インターネット環境アンケート

2024 年 9 月、84 地衛研を対象にインターネット環境に関するアンケート調査を実施した。これは、コマンドラインを用いたゲノムデータ解析には外部のインターネットに接続可能な環境が必要となるため、全国地衛研の状況を把握するために実施したものである。

### 3. 拠点用パソコンの選定・設置

病原体ゲノムデータ解析に耐えうる性能のパソコンを選定し、拠点に設置した。

### 4. 研修会資料作成

各地衛研において必要なソフトをインストールしたパソコンを研修会場に持ち込むこととしたため、事前セットアップ資料を作成した。併せて、研修会で用いる資料を作成した。

### 5. ゲノムデータ解析研修会

2024 年度は全国 6 ブロックのうち 3 ブ

ロックで研修会を開催することとなった。

（倫理面への配慮）

本研究では病原体ゲノムデータのみを用いており、患者情報は利用していない。

## C. 研究結果

### 1. 拠点希望および現状調査

84 地衛研中 13 地衛研から拠点の希望があった。その後、2024 年 7 月 26 日に開催された第二回研究班会議において、各ブロック 1 か所、計 6 地衛研が拠点に選定された：

北海道・東北・新潟地区

宮城県保健環境センター

関東・甲・信・静地区

川崎市健康安全研究所

東海・北陸地区

愛知県衛生研究所

近畿地区

神戸市健康科学研究所

中国・四国地区

島根県保健環境科学研究所

九州地区

宮崎県衛生環境研究所

ゲノムデータ解析の現状に関するアンケートには 77 地衛研が回答した。国立感染症研究所プラットフォームや有償ソフトを用いたゲノムデータ解析の経験があったのは 66 地衛研（85.7%）であったが、コマンドラインの実績があったのは 23 地衛研（29.9%）に留まった。また、ゲノムデータ解析に詳しくなりたい職員がいたのは 68 地衛研（88.3%）であった。

### 2. インターネット環境アンケート

全 84 地衛研から回答があった（表 1）。10 地衛研（11.9%）は外部のインターネットに接続できないとの回答であったことから、現状のままではコマンドラインを使ったゲノムデータ解析は出来ないことが明らかになった。自治体 LAN から外部インターネットに接続可能な 19 地衛研（22.6%）に関しても、コマンドラインの環境を整えることができるか否かは自治体のセキュリティ

イレベルに依存する（セキュリティレベルが高い場合は環境構築できない）状況であった。分類別では、中核市や特別区において外部に接続可能なインターネット環境がない地衛研が多かった。

### 3. 拠点用パソコンの選定・設置

拠点用パソコンの性能は、Windows 11 Pro 64 bit、メモリ 64 ギガバイト、CPU コア数 20 個、記憶媒体量 10 テラバイト、およびマイクロソフトオフィス搭載とした。また、現時点で地衛研の大半に配備されているのはショートリード取得型の次世代シークエンサーであるが、将来的にロングリード取得型の次世代シークエンサーから得られるゲノムデータを解析することを想定して、GPU（画像処理装置）も搭載した。

2024 年 11 月、上記仕様のパソコンを宮城県保健環境センター以外の 5 地衛研に配備した。宮城県保健環境センターは、自治体 LAN から外部のインターネットに接続可能であったが、セキュリティの関係でコマンドライン実施のために必要なソフトをインストールできない状況であった。そのため、研究所独自のインターネット環境（民間プロバイダの光回線）の整備が完了する 2025 年度にパソコンを配備することとなった。

### 4. 研修会資料作成

研修会は、山形県衛生研究所 瀬戸順次、大阪公立大学大学院生活科学研究科 和田崇之、神戸市健康科学研究所 野本竜平が主催することとなったため、それら 3 人で資料を作成した。事前資料（案）は 4 種類、研修会資料（案）は 5 種類作成した。それら案について、パソコンが配備された 5 拠点で試行し、問題点を改善したうえで最終版資料とした（図 1）。

また、ゲノムデータ解析初学者には難解な内容を多く含んだため、動画を 38 本作成し、YouTube（限定公開）の URL リンクを資料に添付した。

### 5. ゲノムデータ解析研修会

全国 6 ブロックのうち 3 ブロックで開催

した研修会の概要を表 2 に示す。研修参加者は 19 人から 40 人であり、人数に応じて開催地の地衛研職員等に研修補助を依頼した。研修会は 2 日間とした。近畿および関東・甲・信・静ブロックでは初日午前から研修会を開催したため、約 12 時間の研修時間を確保できた。一方、東海・北陸ブロックでは、遠方の地衛研に配慮して初日を午後からの開催としたため、研修時間は 10.5 時間となった。インターネット環境は、近畿および関東・甲・信・静ブロックでは地衛研に整備されていた Wi-Fi を利用した。東海・北陸ブロックは Wi-Fi 環境がなかったためポケット Wi-Fi を持ち込んだが、電波状況が悪く、参加者にインターネット環境を提供できなかった。

研修内容は、瀬戸がコマンドラインの基礎、和田が細菌ゲノムデータ解析、野本がウイルスゲノムデータ解析を担当した。いずれもパソコンを用いた実習を約 8 割とし、残りを講義に充てた。初学者対象の研修会であったため、3 人の講師に共通して、①専門用語を極力使わない、②丁寧な説明を心がける、および③質問しやすい雰囲気を作り、エラーが起きた場合はその場で一緒に解決する、ことを徹底した。基本的にはオフラインで完結する研修内容としたが、近畿および関東・甲・信・静ブロックでは、ウェブ利用可能なゲノムデータ解析ツールも併せて紹介した。

研修会後に取得したアンケートにおける研修の評価（3 会場 78 人回答）は「非常に良かった」が 75 人（96.2%）、「良かった」が 3 人（3.8%）、「どちらでもない」、「やや悪かった」、「非常に悪かった」は各 0 人であった。初開催の近畿ブロックでは、評価が「良かった」に留まった参加者が散見された（図 2）。

自記式の研修の感想（76 人回答）では、研修に対する好意的な反応が 58 人、研修内容改善の意見が 25 人、新たな研修機会の要望が 10 人から寄せられた。改善意見の記載があった 25 人中 17 人（68.0%）が初開催の近畿ブロック参加者であり、その後の研修内容の改善に大いに役立った。また、ChatGPT（GPT-4）による 76 件の自記式

回答の要約結果を図3に示す。結果、「総じて、参加者は研修内容に満足しており、特に初心者向けのわかりやすい説明と実習が良かったと評価しています。」と要約された。

研修の理解度(78人回答)は、「とてもよく理解できた」が27人(34.6%)、「概ね理解できた」が44人(56.4%)、「どちらとも言えない」が6人(7.7%)、「あまり理解できなかった」が1人(1.3%)、「ほとんど理解できなかった」は0人であった。東海・北陸ブロックでは「どちらとも言えない」「あまり理解できなかった」が約2割を占め、他ブロックよりも多かった(図4)。

今後実施したい解析(自記式、70人回答)を取りまとめた結果、「病原体網羅解析」が19人と最多であり、以降、「系統樹解析」10人、「結核菌」9人、「薬剤耐性菌」8人、「一塩基多型解析」8人と続いた。

また、研修会開催中に、各会場において複数名から「動画があったことで研修についていくことができた」との感想を聞き取った。

## D. 考察

本研究では、地衛研におけるゲノムデータ解析技術の底上げを目指して研修会を開催した。2024年度の3ブロックでの研修の結果、96.2%が研修を「非常に良かった」と評価したこと、および自記式の感想について「参加者は研修内容に満足している」とChatGPTにより要約されたことから、この度の初学者向けの研修会は有用であったと考えられた。

資料に説明動画を挿入したことで、研修参加者の理解度が深まり、研修会をスムーズに進めることができた。この点は、主催者側の質問対応の負荷を軽減できたという意味においても有用であった。動画の挿入は、事前セットアップ資料は完了したものの研修会資料の一部では未達成であるため、それらについても説明動画を加え、各地衛研職員が自律的に学習できる教材へと昇華させていく方向性である。そして、将来的には、地方衛生研究所全国協議会ホームページへの資料の掲載等を通じて、地衛研職員がいつでも自由にゲノムデータ解析を学べる機

会を与えていく必要がある。

各ブロックにおける研修準備および開催を通じて、主催者と拠点、拠点とブロック内地衛研という繋がりが醸成され、研修会を通じて全てが一体となる関係性になった。このネットワークは、病原体ゲノムデータ解析における将来的な地域間連携の礎とも言え、研修を現地開催したことで得られた大いなる利益と考えられた。

ゲノムデータ解析を十分に理解してもらうためには、12時間程度の研修時間が必要と考えられた。実際、研修時間が10.5時間と短かった東海・北陸ブロックでは、一部の説明を省略せざるを得ず、このことにより研理解度が低い参加者が増えた可能性がある(図4)。具体的には、初日午前から2日夕方まで、もしくは、地理的アクセスが悪いブロックにあっては、初日午後から3日目午前までの開催期間とすることで、参加者に研修内容を十分に理解させることができると考えられた。

今後、各地衛研が自律的にゲノムデータ解析を実施していくためには、インターネット環境に問題を抱える地衛研の通信インフラの改善が必要と考えられた(表1)。インフラ改善のための支援はアンケートにおいても要望があったことから(図3)、本研究班においても、どのような支援ができるかを考えていく必要がある。

## E. 結論

2024年度に開催した初学者向けのゲノムデータ解析研修会は、成功と言える内容であった。今後、アンケートで得られた研修に対する批判的意見に対応することで内容に磨きをかけ、2025年度開催の残りのブロックでの研修会を進めていく。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 インターネット環境に関するアンケート結果

|                                             | 分類   |     |         | 計          |
|---------------------------------------------|------|-----|---------|------------|
|                                             | 都道府県 | 政令市 | 中核市/特別区 |            |
| 地衛研独自のインターネット環境あり                           | 36   | 15  | 4       | 55 (65.5%) |
| 地衛研独自のインターネット環境はないが、自治体LANから外部インターネットに接続可能  | 10   | 2   | 7       | 19 (22.6%) |
| 地衛研独自のインターネット環境はなく、自治体LANにおいても外部インターネット接続不可 | 1    | 2   | 7       | 10 (11.9%) |
| 計                                           | 47   | 19  | 18      | 84         |

表2 ゲノムデータ解析研修会概要

|           | 近畿           | 関東・甲・信・静     | 東海・北陸        |
|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 日時        | 2025.1.30-31 | 2025.2.17-18 | 2025.2.20-21 |
| 場所        | 大阪健康安全基盤研究所† | 川崎市健康安全研究所   | 愛知県衛生研究所     |
| 参加者       | 15人          | 15人          | 14人          |
| 参加者（開催地）  | 25人          | 4人           | 9人           |
| 研修補助者†    | 6人           | 2人           | 3人           |
| 講師        | 3人           | 3人           | 3人           |
| 研修時間      | 12時間         | 11.5時間       | 10.5時間       |
| インターネット環境 | あり           | あり           | なし           |

†開催地でコマンドラインに詳しい者等に依頼した

‡地理的アクセスを考慮して会場を拠点から変更した

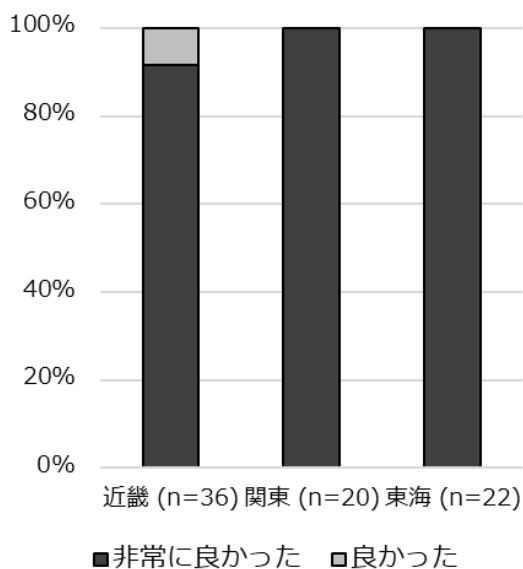


図2 研修の評価

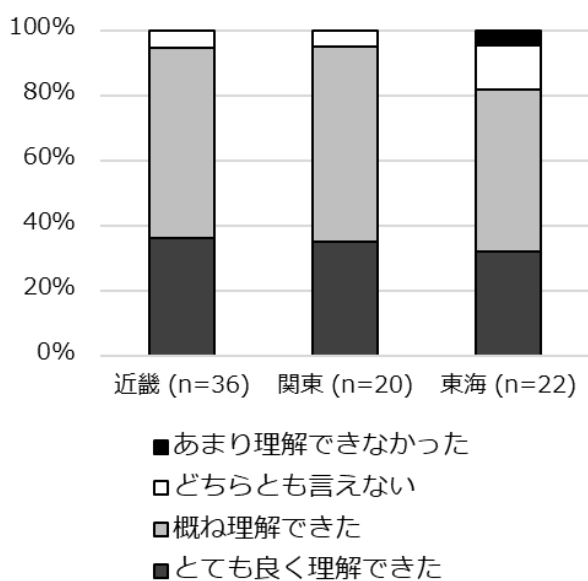


図4 研修の理解度

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2024.12.3 第一版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析マニュアル</b><br/>号外   minicondaからminiforgeに移行</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>7ページ</p> | <p>2024.12.3 第二版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析マニュアル</b><br/>①WindowsにUbuntuを入れる</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>12ページ</p>  |
| <p>2024.12.3 第二版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析マニュアル</b><br/>②Ubuntuにminiforgeを入れる</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>9ページ</p>        | <p>2024.12.19 第一版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析マニュアル</b><br/>③5つのゲノムデータ解析ソフトを入れる</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>14ページ</p> |
| <p>2025.1.14 第一版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析マニュアル</b><br/>④コマンドラインの基本を学ぼう</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>19ページ</p>            | <p>2025.2.10 第二版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析マニュアル</b><br/>⑤fastqファイルと上手に付き合おう</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>28ページ</p> |
| <p>2025.2.7 第四版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析 (実習編)</b><br/>①細菌ゲノムデータをさわってみる</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>17ページ</p>          | <p>2025.2.7 第四版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析 (実習編)</b><br/>②アセンブルから始まる病原体解析</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、<br/>野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>24ページ</p>   |
| <p>2025.2.10 第二版</p>  <p><b>ゲノムデータ解析 (講義・実習編)</b><br/>③ウイルスゲノム解析</p> <p>地方衛生研究所におけるゲノム検査等に係る人員体制及び人材育成法を確立するための研究班<br/>(厚生労働科学研究費 [2024～25年度] 研究代表: 貞升健志)<br/>研究協力者: 瀬戸順次 (山形県衛生研究所)、和田崇之 (大阪公立大学)、野本 竜平 (神戸市健康科学研究所)</p> <p>31ページ</p>                 | <p>図1 事前セットアップ資料 (上段4種類)<br/>および研修会資料 (下段5種類)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### 1. 研修内容について

- **良かった点:** 参加者は、ゲノム解析の基礎からコマンドライン操作に至るまで、初心者にもわかりやすい説明が行われたことを高く評価しており、特に実習が有益だったと感じています。研修中、繰り返しの演習を通じて学びやすかったという意見が多数ありました。コマンドライン操作や基本的な用語解説に関しても、非常に分かりやすく、理解が深まったとの声が多かったです。
- **改善点:** 一部の参加者は、後半に進行が急に早くなり、難易度が上がったため、理解が追いつかないと感じたとの意見もありました。また、研修時間についても、難易度の差により時間が足りないと感じる参加者もいました。

### 2. 研修の形式・進行について

- **良かった点:** 質問しやすい雰囲気や、講師が受講者に寄り添った指導を行っていた点が好評でした。また、講義や実習の際に、理解度に合わせたサポートがあったことで、特に初心者にとって参加しやすい環境であったとされています。
- **改善点:** 一部の参加者は、内容が急に進んだため、焦りを感じたり理解が不十分な部分があったと報告しています。また、ネット接続環境や自分のデータがなかったことで、実感が持ちづらかったとの意見もありました。

### 3. 今後に対する要望

- **応用編への期待:** 多くの参加者が基礎編の後に応用編を希望しており、特に中級者向けの実習を含む研修を実施してほしいという声が多数寄せられました。さらなる技術の習得に繋がる内容を希望する声もあります。
- **研修の反復実施:** 講義内容を繰り返し学べる機会があると、より効果的に学習できるとの意見もありました。また、研修後に内容を復習できるアーカイブや、課題として自分のデータで実践できるような環境を希望する声もありました。

### 4. その他の改善提案

- **事前準備や資料提供:** 資料の配布タイミングや、事前の学習内容についての指示が不十分だったとの声があり、事前準備がさらにスムーズになるような案内があると助かるという意見がありました。また、使用するソフトやファイルのバージョン管理、エクセル関数なども事前に確認できると良いという意見がありました。

### 5. インフラ面の要望

- **インターネット環境やPC環境:** 一部の参加者から、インターネット接続環境や自分のPCでの操作を事前に確認できるようなサポートがあれば、より実践的に学べたという意見がありました。特に、セキュリティが厳しい環境では、実習が難しく感じることもあったようです。

総じて、参加者は研修内容に満足しており、特に初心者向けのわかりやすい説明と実習が良かったと評価しています。今後は応用編や、より実践的な内容を求める声が多く、研修内容の発展や改善点として、インフラ面でのサポートや事前準備の充実を望む意見がありました。

図3 ChatGPTによる研修の感想（76件）の要約結果