IMES DISCUSSION PAPER SERIES

オープンAPIのセキュリティ:
認可処理における脆弱性と対策の高度化

宇根正志（うねまさし）

Discussion Paper No. 2024-J-15

IMES

INSTITUTE FOR MONETARY AND ECONOMIC STUDIES

BANK OF JAPAN

日本銀行金融研究所

〒103-8660 東京都中央区日本橋本石町 2-1-1

IMES Discussion Paper Series 2024-J-15
2024 年 8 月

オープンAPIのセキュリティ：認可処理における脆弱性と対策の高度化

宇根正志（うねまさし）*

要　　旨

オープン API は、API の提供者が外部の組織への使用に供するために公開した API を指す。金融分野では、金融機関が電子決済等代行業者などのフィンテック事業者に対して顧客の口座情報を提供するケースなどで活用されている。金融機関は、顧客がフィンテック事業者に対して口座情報の提供を認可したことを確認し、フィンテック事業者と連携して情報を安全に提供することが求められる。こうした認可の処理フローの標準仕様として OAuth 2.0 が広く採用されている。もっとも、OAuth 2.0 の要求事項を十分に満たしていない実装例が少なからず存在していることが、学術研究の成果として最近発表されている。このようなサービスには脆弱性が存在し、それが悪用されると情報漏洩などのリスクにつながる可能性があるため、OAuth 2.0 を実装する際に脆弱性を極力排除する必要がある。その方法として、OAuth 2.0 のセキュリティ・プロファイルである FAPI 2.0 を活用することが有効である。ただし、実装環境や想定される攻撃方法によっては、FAPI 2.0 の要求事項を満たすだけではリスクを十分に軽減できない場合がある。そのため、自社のサービスで想定される実装環境や攻撃方法を考慮したうえで、FAPI 2.0 の要求事項を適用しつつ、追加的な対応の必要性を検討することが重要である。

キーワード：オープン API、脆弱性、セキュリティ、フィンテック、リスク、FAPI 2.0、OAuth 2.0
JEL classification: G21、O33

* 日本銀行金融研究所参事役（E-mail: masashi.une@boj.or.jp）

本稿は 2024 年 5 月 31 日時点の情報に基づいて作成した。本稿の作成に当たっては、小岩井航介氏（KDDI 株式会社）から有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。ただし、本稿に示されている意見は、筆者個人に属し、日本銀行の公式見解を示すものではない。また、ありうべき誤りはすべて筆者個人に属する。

目　次

１．はじめに

オープン API（application programming interface）は、API の提供者が外部の組織に使用させるために公開した API を指す。オープン API を活用した金融サービスの代表的な例としては、金融機関が電子決済等代行業者などのフィンテック事業者に対して顧客の口座情報や金融取引にかかる処理を API によって提供するケースが挙げられる。個人の顧客が複数の金融機関に開設している預金口座の情報をフィンテック事業者のアプリによって一元的に収集・管理するなど、使い勝手のよいフィンテックのサービスが既に提供されている。フィンテック事業者がこうしたサービスを複数の金融機関と連携して円滑に実現するうえで、オープン API は不可欠な技術である（Alam, Azad, and Ali [2022]、Basel Committee on Banking Supervision [2024]）。

オープン API を用いた安全な金融サービスを実現するうえで、認可とそれに関連する処理が重要である。金融機関は、顧客がフィンテック事業者に対して何らかの処理の実行を認可したことを確認するとともに、認可対象の処理が適切に実行されるように対処する必要がある。こうした認可に関連する一連の処理（認可プロトコル）を実装する際に、認可プロトコルの標準仕様（群）である OAuth 2.0 に準拠するケースが多い（中村［2018］）。OAuth 2.0 は、認可プロトコルのフレームワークを定める標準仕様 RFC 6749（Hardt [2012]）とそれに付随する各種機能を実現するための多数の標準仕様から構成されている。適用するサービスの機能や特性に応じて採用する標準仕様を選択し、フレームワークと組み合わせて実装するというアプローチとなっている。そのため、セキュリティの観点からはオープン API を用いるサービスのリスク[1]を評価したうえで、リスク軽減策として適切なセキュリティ機能を選択し、それを実現するための標準仕様の要求事項を選択して実装することが求められる。

もっとも、OAuth 2.0 に関連する標準仕様にはさまざまな要求事項が存在することから、認可プロトコルの処理フローをなるべく効率化しつつ、選択したセキュリティ機能に必要な要求事項を適切に抽出して認可プロトコルの設計に反映することは必ずしも容易でない。OAuth 2.0 に準拠したオープン API の実装において、標準仕様の要求事項が満たされていない事例が少なからず存在することが学術研究の成果として最近発表されている（Philippaerts, Preuveneers, and Joosen [2022, 2023]）。この研究では、OAuth 2.0 に準拠したサービス（約 100 件）

[1] オープン API を適用するサービスのリスクを評価する際には、本稿で焦点を当てる認可に関連するリスクに加えて、API に関連する業務フローやシステム・リソースのリスク、API の接続先のリスクなど、他のリスクについても評価し対応する必要がある。API に関連するシステムやサービスを提供する主体が考慮すべき各種リスクについては補論 1 を参照されたい。

を対象に、標準仕様やベスト・プラクティスにおいて必須とされる要求事項が満たされているか否か、満たされていない場合にはどのような脆弱性が存在しうるかを調査・分析した。その結果、OAuth 2.0 のフレームワークの技術仕様において必須とされる要求事項の約 2 割が満たされていなかったことが判明した。また、要求事項が満たされていないことによって脆弱性が存在し、それが悪用された場合、顧客の重要な情報が第三者に横取りされるといったリスクが生じる可能性があると指摘した。

OAuth 2.0 の標準仕様における要求事項を適切に選択するうえで、セキュリティの観点から選択すべき要求事項を規定している FAPI 2.0 を活用することが有用である（Fett [2022b]）。FAPI 2.0 は、比較的価値が高い情報を取得したり取引を実行したりするケース（high-value scenario）を想定しており、FAPI 2.0 の要求事項に沿って認可プロトコルを設計・実装することによって比較的高いセキュリティを達成することが期待できる。また、一定の条件のもとでは特定のセキュリティ目標の達成を数学的に証明することができるという望ましい面もある（Hosseyni, Küsters, and Würtele [2024]）。

ただし、証明の前提となる条件が実装環境と合致しないケースでは、セキュリティ目標の達成可否が定かでないため、相応のリスクが存在する可能性がある。FAPI 2.0 の要求事項を採用する際には、適用対象のサービスや実装環境が FAPI 2.0 における想定と整合的か否かを確認し、整合的でない部分に関しては、それに関連するリスクを評価してリスク軽減策を追加するなどの対応が求められる。こうした留意点を考慮しつつ、FAPI 2.0 を適切に活用することが重要である。

2 節では、オープン API における認可の処理の全体像と、それを具体化した OAuth 2.0 の認可プロトコルを説明する。3 節では、OAuth 2.0 の認可プロトコルに対する主な脅威や攻撃方法を中村［2018］をベースに説明するほか、最近の研究事例として Philippaerts, Preuveneers, and Joosen [2022, 2023]を引用し、標準仕様などの要求事項の充足度合いや脆弱性に関する研究結果を紹介する。4 節では、FAPI 2.0 の主な要求事項を説明するほか、3 節の攻撃方法への有効性を考察する。

２．オープン API における認可の処理

本節では、認可の処理の全体像と、それを実現する OAuth 2.0 の認可プロトコルのフレームワークを説明する。

（１）認可の処理の全体像

理解しやすいように、ここでは、フィンテック事業者が金融機関にオープン API を介してアクセスし、顧客の口座の取引履歴を取得するケースを考える。顧

客の依頼を受けたフィンテック事業者は、取引履歴を顧客に代わって取得することを金融機関に認めてもらう必要がある。金融機関は、フィンテック事業者に取引履歴を提供することを顧客に確認する必要がある。こうした処理の流れは次のように整理することができる（図 1 を参照）[2]。

① 顧客は、自分の口座の取引履歴の取得をフィンテック事業者に依頼する。

② フィンテック事業者は、金融機関のオープン API を用いて、顧客の口座の取引履歴の取得に対する承認を金融機関に依頼する。

③ 金融機関は、フィンテック事業者に取引履歴を提供することを顧客に確認する。

④ 顧客は提供を認可する旨を返信する。

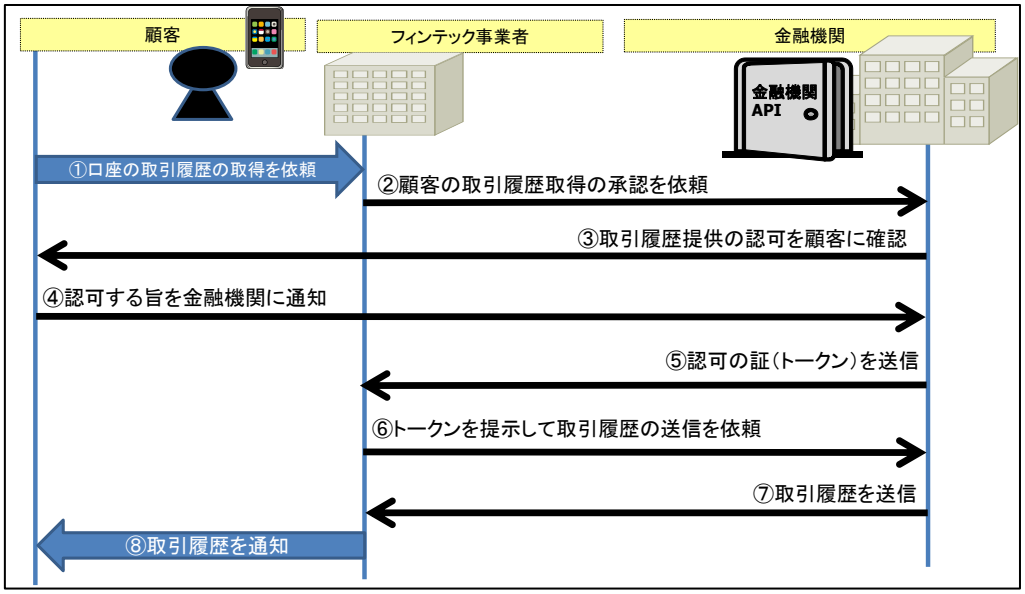
⑤ 金融機関は、認可の証となるデータ（トークン）をフィンテック事業者に送信する。

⑥ フィンテック事業者はトークンを金融機関に提示して取引履歴の送信を依頼する。

⑦ 金融機関は取引履歴をフィンテック事業者に送信する。

⑧ フィンテック事業者は顧客に取引履歴を表示する。

図 1　オープン API における認可の処理の全体像（イメージ）



[2] ここでは、認可の処理に注目するために、通信相手の確認や通信メッセージの一貫性の確認（認証）の処理を明記していないが、通常、これらの認証の処理も実行される。

（２）OAuth 2.0 の認可プロトコルのフレームワーク

イ．エンティティ

OAuth 2.0 の認可プロトコルのフレームワークでは、リソース・オーナー、ユーザ・エージェント、クライアント、リソース・サーバ、認可サーバが登場する。

- **リソース・オーナー**

リソース・オーナーは、金融機関の顧客であり、フィンテック事業者の顧客でもある。ここでのリソースとは、金融機関に顧客が開設している口座の取引情報や送金などのサービスを指し、フィンテック事業者が顧客の認可を受けて取得する情報や実行する取引を意味している。以下では、理解しやすくするために、リソース・オーナーを顧客と呼ぶ。

- **ユーザ・エージェント**

ユーザ・エージェントは、顧客がフィンテック事業者や金融機関とやり取りするためのソフトウェアである。主に、顧客の端末のブラウザを想定している。以下ではユーザ・エージェントをブラウザと呼ぶ。

- **クライアント**

クライアントは、フィンテック事業者が顧客にサービスを提供するためのアプリケーション・ソフトウェアである。

クライアントは、顧客の端末内で動作するもの（ネイティブ・アプリ）[3]と、フィンテック事業者のサーバで動作するもの（サーバ・アプリ）がある。OAuth 2.0 では、ネイティブ・アプリに関して、各アプリが固有の秘密情報（暗号鍵など）[4]を安全に使用することができないケース（パブリック・クライアント）を対象としている。サーバ・アプリに関しては、固有の秘密情報を安全に使用することができるケース（コンフィデンシャル・クライアント[5]）を想定している。

- **リソース・サーバ**

リソース・サーバは、金融機関のサーバであり、顧客の口座を管理して口座の

---

[3] ネイティブ・アプリは、インターネット上のアプリ配信サイトなどから端末にダウンロード・インストールされて動作するケースや、顧客の端末のブラウザ上でウェブ・アプリケーションとして動作するケースがある。

[4] 秘密情報は、クライアントが他のエンティティに対して認証を実施する際などに用いられる。

[5] コンフィデンシャル・クライアントには、各クライアントに固有の秘密情報がクライアントによって安全に管理されるケースに加えて、端末や OS の機能によって安全に管理されるケースも含まれる。

情報を提供したり送金を実行したりする。

● **認可サーバ**

認可サーバは、金融機関のサーバであり、顧客の認可を確認したうえでフィンテック事業者に顧客のリソースへのアクセスを許可する。

ロ．認可プロトコルの処理フロー

OAuth 2.0 では、認可プロトコルの処理フローとして、認可コード・フロー、インプリシット・フロー、リソース・オーナー・パスワード・クレデンシャル・フロー、クライアント・クレデンシャル・フローの 4 種類[6]が規定されている[7]。以下では、代表的なフローである認可コード・フロー（Authorization Code Flow）を取り上げて説明する。概要は以下のとおりである（図 2 を参照）。

① クライアントは、顧客の口座履歴へのアクセスを求めるメッセージ（認可リクエスト）を認可サーバに送信する。
　―― 認可リクエストは顧客のブラウザを経由して認可サーバに送られる。

② 認可サーバは、顧客を認証し、クライアントへの認可を確認する。
　―― 顧客の認証では、例えば、インターネット・バンキングのログイン ID・パスワードの入力を顧客に求める。

③ 顧客から認可を確認した後、認可サーバは、その証として認可コードを生成し、それを含むメッセージ（認可レスポンス）をクライアントに送信する。
　―― 認可レスポンスは、ブラウザを経由してクライアントへ送信される。

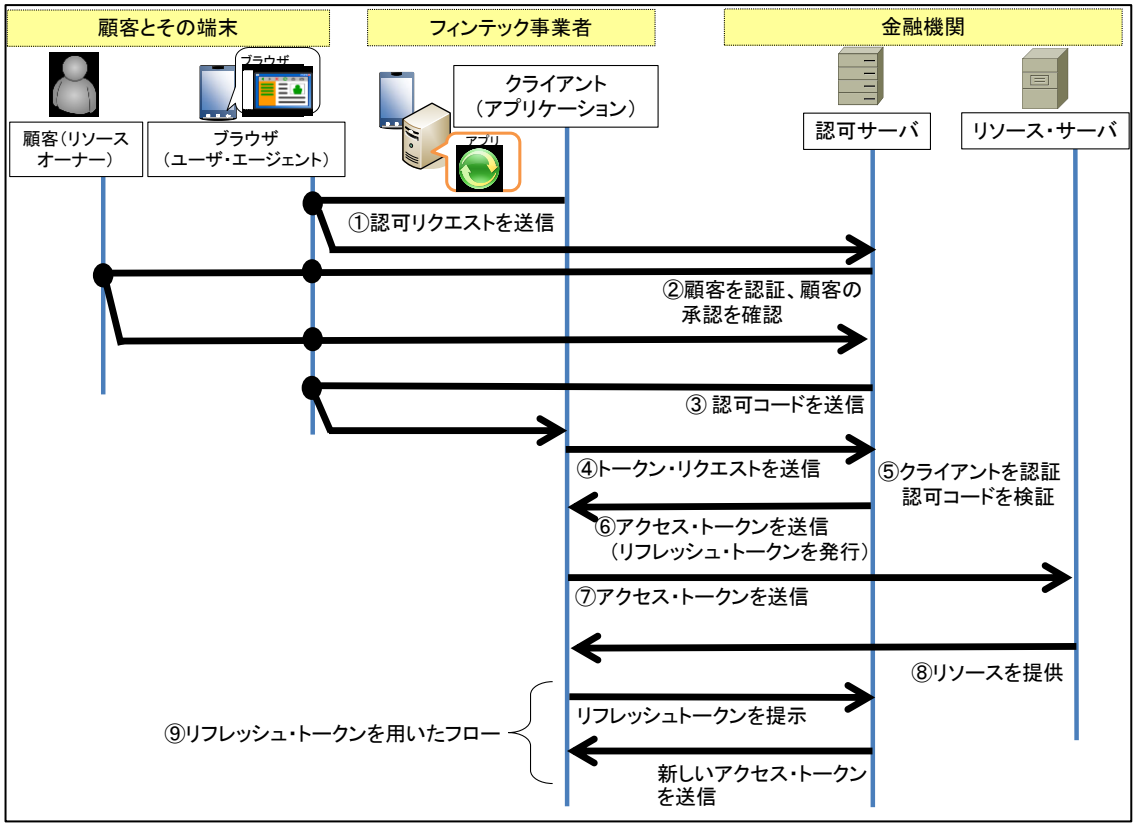
④ クライアントは、認可サーバを認証した後、認可コードなどを認可サーバに

---

6 インプリシット・フローは、認可サーバがクライアントに認可コードを発行せずに直接アクセス・トークンを発行する方式である。リソース・オーナー・パスワード・クレデンシャル・フローは、クライアントが認可サーバから認可コードを受け取る代わりに顧客からユーザ名とパスワードを受け取り、それを認可サーバに送信することによってアクセス・トークンを得る方式である。クライアント・クレデンシャル・フローは、クライアントが認可コードの代わりに自身のクレデンシャルを認可サーバに送信してアクセス・トークンを得る方式である。

7 これらに加えて、OAuth 2.0 の拡張として、デバイス認可フロー（Denniss *et al.* [2019]）とクライアント・イニシエイティッド・バックチャネル認証フロー（Tonge [2024]）が存在する。デバイス認可フロー（RFC 8628）は、顧客の端末がブラウザを搭載していない、顧客とのインタフェースに制限があるなどのケースを想定した方式である。クライアント・イニシエイティッド・バックチャネル認証フローは、クライアントと顧客のブラウザ間の通信（リダイレクト）を行うことなく、認可サーバが顧客の認証や認可の確認を顧客の端末との間で直接行うケースを想定した方式である。

図 2　OAuth 2.0 における認可コード・フロー



資料：中村[2018]図表 2

送信し、リソースへアクセスする際に用いるクレデンシャル（アクセス・トークン）の送信を依頼する（トークン・リクエスト）。

⑤ 認可サーバは、クライアントを認証した後、認可コードを検証する。具体的には、認可コードが有効であること、アクセス・トークンの送信先が認可コードの送信先と一致していることなどを検証する。

⑥ 認可サーバは、認可コードの検証が成功した場合、アクセス・トークンを生成してクライアントに送信する。

—— 認可サーバは、アクセス・トークンが有効期限切れとなった際に新たなアクセス・トークンを得るためのクレデンシャル（リフレッシュ・トークン）を生成してクライアントに送信する場合がある。

⑦ クライアントは、アクセス・トークンをリソース・サーバに送信する。

⑧ リソース・サーバはアクセス・トークンを検証し、それが成功すればクライアントにリソースを提供する。

⑨ クライアントは、アクセス・トークンの有効期限が切れた際に、リフレッ

シュ・トークンを認可サーバに提示して新しいアクセス・トークンを取得する場合がある。

―― リフレッシュ・トークンを取得しておくことによって、クライアントは、認可の処理フローを再度実施することなく、新しいアクセス・トークンを得ることができる。

３．認可の処理における主な脅威

（１）攻撃者の想定と主な脅威

2 節で紹介した一連の処理に対して、攻撃者が、処理に内在する脆弱性を悪用して被攻撃者（顧客）の口座履歴の入手を試みるケースを考える。金融機関、フィンテック事業者、攻撃者に関して以下の想定を置く。これは中村［2018］の想定と同一である。

- 金融機関が管理するサーバの特権は攻撃者に奪取されない。
- 金融機関とフィンテック事業者の内部者は不正行為を行わない。
- 攻撃者が、クライアント、それが稼働する端末・サーバ、顧客の端末、ブラウザに関して、管理者権限を奪取することがある。
- 攻撃者が、暗号化・署名に関する処理、および、認証に関する処理を不正に実行することはできない。

（２）主な脅威の類型

本節（1）の想定のもとで主な脅威を整理すると以下の 4 つが挙げられる（表 1 を参照）[8]。これらのうち、I～III の脅威に対応する攻撃方法は中村［2018］を引用し、IV の脅威に対応する攻撃方法は OAuth 2.0 の Security Best Current Practice（Lodderstedt *et al.* [2024]）において紹介されているものを引用した。各攻撃方法の概要は補論 2 を参照されたい。

I. アクセス・トークンを奪取する。

II. クライアントとリソース・サーバとの間のセッションを奪取する。

III. 自分の取引履歴を誤って攻撃者の取引履歴として登録するように顧客を誘

[8] 脅威や攻撃方法の名称については、内容を理解しやすくするために、中村［2018］のものを一部変更している。

表１　主な脅威と攻撃方法

主な脅威	攻撃方法
Ⅰ．アクセス・トークンの奪取	① アクセス・トークンの推測
	② 通信経路上での盗聴
	③ クライアントからの奪取
	④ 転送機能の悪用
	⑤ 中継サーバの自動接続機能の悪用
	⑥ 認可リクエストの改変
Ⅱ．セッションの奪取	⑦ 不正なアプリの使用
	⑧ セッション管理用パラメータの奪取
Ⅲ．顧客の誘導	⑨ 攻撃者のリソースの偽装
	⑩ セッション管理用パラメータの悪用
Ⅳ．顧客のクレデンシャルの奪取	⑪ 不正なサイトへのリダイレクト

備考：中村［2018］図表 3、Lodderstedt *et al.*［2024］をベースに作成した。

導する。

IV. ブラウザを不正なサイトにアクセスさせ、そのサイト上でクレデンシャルを入力するように顧客を誘導して奪取する。その後、顧客のクレデンシャルを用いて顧客になりすまし、認可プロセスを実行する。

（３）認可プロトコルの実装における脆弱性と脅威の調査・分析の事例

本節（2）で示した脅威や攻撃方法は広く知られており、OAuth 2.0 の各種標準仕様やベスト・プラクティスの要求事項を参照しつつ、各脅威によるリスクを軽減するための対応が相応に実施されているとみられる。こうした点について、標準仕様やベスト・プラクティスの要求事項が実装においてどの程度満たされているか、また、どのような脆弱性が残存しているかを調査・分析した研究事例（Philippaerts, Preuveneers, and Joosen [2022, 2023]）が最近発表されている。

この研究は個人の ID 情報を第三者に提供するサービスを対象としている。このサービスは、ある組織が保持している ID 情報を、それに紐づく個人による認可に基づいて他の組織に提供するというものであり、広く提供されている。この研究は、金融サービス用途ではないものの、一般的な認可プロトコルの実装におけるセキュリティの現状を把握するうえで有益である。

イ．調査の概要

調査の対象や実施時期など、概要は以下のとおりである。

・調査対象：オープン API による個人 ID 提供事業者（Individual Identity Provider）。

全体で 100 件（初回の調査）[9]。このうち 20 件は OpenID Connect もサポートしている[10]。また、海外の金融機関 2 件が含まれている。

・調査実施時期（2 回）: 2020 年 11 月（初回）と 2023 年 3 月（フォローアップ）であり、フォローアップでの調査対象は 100 件（初回）のうち 92 件。

・調査の内容：主な標準仕様やベスト・プラクティスにおいて必須（must）や推奨（should）とされている要求事項が満たされているか否かを明らかにする。ただし、調査者は、クライアントおよび顧客として調査対象先にアクセスすることから、要求事項のうち、認可サーバやリソース・サーバに関するもののみを調査する。対象とする標準仕様やベスト・プラクティスは以下のとおりである[11]。

- RFC 6749: The OAuth 2.0 Authorization Framework
- RFC 6750: The OAuth 2.0 Authorization Framework: Bearer Token Usage[12]
- RFC 6819: OAuth 2.0 Threat Model and Security Considerations[13]
- RFC 7009: OAuth 2.0 Token Revocation[14]
- RFC 7523: JSON Web Token (JWT) Profile for OAuth 2.0 Client Authentication and Authorization Grants[15]
- RFC 7636: Proof Key for Code Exchange by OAuth Public Clients

---

[9] 調査対象先は Philippaerts, Preuveneers, and Joosen [2022]に明記されている。論文の筆者らは研究発表前に調査対象先に対して内容を連絡し発表の許諾を得ている（coordinated disclosure）。

[10] OpenID Connect は、OAuth 2.0 の認可プロセスにおいて、認可サーバでの認証結果に基づいてクライアントがリソース・オーナーの属性を検証できるようにするとともに、クライアントがリソース・オーナーの属性情報を認可サーバなどから取得するプロトコルを規定する標準仕様である（Sakimura *et al.* [2014]）。

[11] いずれも 2021 年 5 月 20 日時点の文書が参照されている。

[12] この標準仕様は、所持者と紐づけされないアクセス・トークン（持参人トークン〈bearer token〉と呼ばれる）を使用するケースにおいて、クライアントがアクセス・トークンをリソース・サーバに送信する手順やメッセージ形式を定めている（Jones and Hardt [2012]）。

[13] この標準文書は、OAuth 2.0 におけるセキュリティの特性、プロトコルを実装・運用する際に想定すべき脅威、各脅威への対策方針を記載している（Lodderstedt, McGloin, and Hunt [2013]）。

[14] この標準仕様は、アクセス・トークンなどを失効させる際に、クライアントと認可サーバの間で通信されるメッセージの形式、セキュリティ上の留意点などを定めている（Lodderstedt, Dronia, and Scurtescu [2013]）。

[15] この標準仕様は、JavaScript ベースのトークン JWT（JSON〈JavaScript Object Notation〉Web Token）によってアクセス・トークンを実装するケースにおいて、トークンの形式や処理方法を定めているほか、使用上の留意点を規定している（Jones, Campbell, and Mortimore [2015]）。

(PKCE)[16]

- RFC 8628: OAuth 2.0 Device Authorization Grant
- OAuth 2.0 Security Best Current Practice[17]
- OpenID Connect

・調査の手法：以下の手順で調査が実施された。

① 標準仕様やベスト・プラクティスからセキュリティに関する要求事項を抽出する。

② 抽出した各要求事項が調査対象先において満たされているか否かを明確にするためのテスト・ケースをそれぞれ作成する。
—— テスト・ケースは、それが失敗した場合、対応する要求事項が満たされていないと判断できるように作成する[18]。

③ 調査実施者の端末に（各調査対象先の）クライアントをインストールし、調査対象先にアクセスしてテスト・ケースを実行する。

④ テスト・ケースの結果から、調査対象先における各要求事項の達成状況を明らかにするほか、脆弱性や対策の状況を分析する。

ロ．主な調査・分析結果

上記の手順による調査・分析が 2020 年 11 月と 2023 年 3 月にそれぞれ実施された。主な結果を紹介すると、以下のとおりである。

---

16 この標準仕様は、認可コードとその保持者とを紐づけして認可サーバがその対応関係を確認する手法 PKCE（Proof Key for Code Exchange）を定めている（Sakimura, Bradley, and Agarwal [2015]）。クライアントは、乱数 R とそのハッシュ値（コード・チャレンジ）を生成したうえで、認可リクエストにコード・チャレンジと（それを生成した）ハッシュ関数の情報を加えて認可サーバに送信する。認可サーバは、認可コード生成時に、それと紐づけてコード・チャレンジとハッシュ関数を登録する。トークン・リクエストにおいて、クライアントは R を認可コードとともに認可サーバに送信し、認可サーバは R からコード・チャレンジを生成して認可コードとの対応関係を確認する。確認できた場合、認可サーバは通信相手が認可コードの正当な保持者と判断する。

17 このベスト・プラクティスは OAuth 2.0 において想定すべき脅威とそれへの対策例を記載している（Lodderstedt *et al.* [2024]）。

18 例えば、要求事項が「コンフィデンシャル・クライアントは認可サーバに対して認証を実施しなければならない（必須である）」場合、これに対応するテスト・ケースとして、「クライアント認証を実施することなく、認可サーバからアクセス・トークンを取得することができない」と設定する。仮に、ある個人 ID 提供事業者においてこのテスト・ケースが失敗した場合（クライアント認証なしでアクセス・トークンを取得できたケース）、対応する要求事項が満たされていないと判断することができる。

・ 調査対象先がサポートしていた認可の方式に関しては、2020 年 11 月の調査において、認可コード・フローをサポートしていた調査対象先が全体の約 94%であった。インプリシット・フロー、リソース・オーナー・クレデンシャル・フローをサポートしていた先はそれぞれ全体の約 37%、約 3%であった。

・ 各標準仕様などにおける要求事項の充足度合いを表す指標として、失敗したテスト・ケースがテスト・ケース全体に占める割合（失敗率〈failure rate〉）[19]を算出した。失敗率が低いほど、その標準仕様における要求事項の充足度合いが高いと判断できる。2023 年 3 月の調査では、OAuth 2.0 のフレームワークの標準仕様 RFC 6749 において、必須とされる要求事項に対応するテスト・ケースの失敗率が約 19%、推奨とされる要求事項に対応するテスト・ケースの失敗率が約 37%であった（表 2 を参照）。セキュリティのベスト・プラクティスである Security Best Current Practice では、必須とされる要求事項に対応するテスト・ケースの失敗率が約 32%、推奨とされる要求事項に対応するテスト・ケースの失敗率が約 66%であった。

・ テスト・ケースの実施結果から留意すべき主な脅威・脆弱性は以下のとおりであった。

表２ 各標準仕様などにおけるテスト・ケースの失敗率（2023 年 3 月時点）

標準仕様やベスト･プラクティス	テスト･ケースの失敗率	
	必須の要求事項	推奨の要求事項
RFC6749 (Authorization Framework)	19.1	36.9
RFC 6750 (Bearer Token Usage)	0.4	62.2
RFC 6819 (Threat Model and Security Considerations)	1.8	21.6
RFC 7009 (Token Revocation)	4.3	12.5
RFC 7523 (JWT Profile)	12.5	---
RFC 7636 (PKCE)	8.4	---
Security Best Current Practice	31.7	65.6
OpenID Connect	16.2	5.3

（備考）表中の数字の単位はパーセント。値が小さいほど要求事項の充足度合いが高い。

[19] まず、各調査対象先（全体で 92 件）に対してそれぞれテスト・ケースを実施し、失敗したケースがテスト・ケース全体に占める割合を調査対象先ごとに算出する。そのうえで、失敗したケースの割合を調査対象先に関して平均し、それをテスト・ケースの失敗率とする。

① リフレッシュ・トークンの奪取・悪用：認可サーバによるリフレッシュ・トークンの取扱いが不適切な場合[20]が約 44%の調査対象先（2020 年 11 月時点）において存在していた。リフレッシュ・トークンを奪取した攻撃者は、この取扱いによってアクセス・トークンを入手する。この脆弱性は、表 1 におけるクライアントからの奪取に対応する攻撃で悪用される可能性がある。

② 認可コードの悪用：認可サーバが PKCE を適切に実施していない場合[21]や、使用済みの認可コードが再度提示された際にアクセス・トークンを誤って生成する場合が、それぞれ約 43%、約 14%の調査対象先において存在していた。認可コードを奪取した攻撃者は、この取扱いによってアクセス・トークンを入手する。この脆弱性は、表 1 における中継サーバの自動転送機能の悪用やセッション管理用パラメータの奪取に対応する攻撃で悪用される可能性がある。

③ クライアントへのなりすまし：クライアントが認証用に秘密情報を保持しているにもかかわらず、認可サーバがトークン・リクエストの際などにクライアント認証を適切に実行しない場合が、約 24%の調査対象先において存在していた。この取扱いによって、攻撃者は認可サーバに対してクライアントになりすます。この脆弱性は、表 1 におけるクライアントからの奪取、中継サーバの自動接続機能の悪用、認可リクエストの改変、不正なアプリの使用、セッション管理用パラメータの奪取に対応する攻撃で悪用される可能性がある。

④ ログ・ファイルなどからのアクセス・トークンの奪取：リソース・サーバがクライアントからリソース・リクエストを受信した際に、それに含まれるアクセス・トークンをログ・ファイルなどに意図せず格納しうる場合が、約 40%の調査対象先において存在していた[22]。この取扱いによっ

---

20 例えば、クライアント認証によってリフレッシュ・トークンの使用を制限していないケースや、認可サーバが使用済みのリフレッシュ・トークンを無効化していないケースが挙げられている。

21 PKCE の不適切な実装例として、認可サーバが、コード・チャレンジの値を含まない認可リクエストを受信したにもかかわらず認可処理をそのまま継続する（エラー・メッセージを返信しない）ケースが紹介されている。攻撃者が認可リクエストを改変可能な場合、認可リクエストのコード・チャレンジのみを削除することによって PKCE を無効化する（PKCE downgrade attack）。

22 クライアントがリソース・リクエストにおいてアクセス・トークンを URL の一部（クエリ・パラメータ）として埋め込んでリソース・サーバに送信する場合、これを受信したリソース・サーバがログ・ファイルにアクセス・トークンを格納するほか、過去の通信相手の URL を外部に送信する際にアクセス・トークンも一緒に送信する可能性がある。リソース・サーバには、アクセ

て、ログ・ファイルへの不正アクセスが可能な攻撃者はアクセス・トークンを奪取する。この脆弱性は、表 1 におけるクライアントからの奪取に対応する攻撃で悪用される可能性がある。

ハ．小括と留意点

標準仕様やベスト・プラクティスにおいて必須とされている要求事項が少なからず満たされていないケースがあることが示された。また、リフレッシュ・トークンやアクセス・トークンの奪取などに悪用されうる脆弱性が、相応の割合の調査対象先において存在することも明らかとなった。

ただし、この調査は認可プロトコルにのみ焦点を当てたものであり、調査対象先のサービスのリスクを検討しているわけではない。例えば、認可プロトコルに脆弱性があったとしても、保護対象となる情報（この場合は個人 ID）が漏洩するなどのリスクを運用によって軽減しているケース（例えば、認可コードやアクセス・トークンの有効期間を短く設定する）が考えられる。今回示された脆弱性がサービスのリスクの増加につながるとは必ずしもいえない点に留意が必要である。

今回の調査は個人 ID 提供サービスを対象としたものであり、金融分野の状況を示すものではない。金融機関やフィンテック事業者は認可プロトコルの実装における脆弱性の実例として捉え、自社のサービスにおける脆弱性の洗出しやリスク評価を実施する際に参考にすることが有用である。

４．認可プロトコルにおける FAPI 2.0 の適用

3 節（3）の研究成果は、OAuth 2.0 の認可プロトコルの実装にさまざまな脆弱性が潜んでいる可能性を示唆している。こうした脆弱性を作り込まないように認可プロトコルを設計・実装することが望ましい。その方法の 1 つとして、FAPI 2.0 を活用することが考えられる。

（１）FAPI 2.0 の概要

FAPI 2.0 の旧バージョンである FAPI セキュリティ・プロファイル 1.0（FAPI 1.0）は、2016 年 6 月に OpenID Foundation の FAPI ワーキング・グループによって策定が開始され、2021 年 3 月に公開された。その後、FAPI 1.0 の改訂が始まり、2022 年 12 月に FAPI 2.0 セキュリティ・プロファイルのインプリメンテー

ス・トークンをログ・ファイルに格納しないようにする、または、ログ・ファイルからの情報漏洩を防止することが求められる。

ション・ドラフト（Fett [2022b]）が公開された[23]。

FAPI という名称は、金融サービスを対象として策定された経緯から、当初は「Financial-grade API」の略称として呼ばれていた。その後、金融分野に限らず医療分野や公的分野などでも幅広く活用されるようになったことから、現在では「FAPI」が（略称ではなく）正式名称となっている。

FAPI 2.0 のセキュリティ目標は、以下のそれぞれの状態を達成することである（Fett [2022a]）。

- 攻撃者が他者の（保護された）リソースにアクセスできない。
- 攻撃者が他者の ID のもとでクライアントにログインできない。
- 攻撃者が自分の ID のもとで他者をクライアントへログインさせることができない。
- 攻撃者が自分のリソースへ他者を誘導し使用させることができない。

FAPI 2.0 の要求事項を満たす認可プロトコルが一定の条件のもとでセキュリティ目標を達成することは、形式検証の手法（formal verification）によって証明されている（Hosseyni, Küsters, and Würtele [2024]）。また、FAPI 2.0 を適用した認可プロトコルが実際に要求事項を満たしていることを確認するためのツールが提供されているほか、ツールによる確認が実施された事例も知られている[24]。

（２）FAPI 2.0 における想定環境や攻撃者

イ．想定環境とスコープ

主な想定環境およびスコープは以下のとおりである。

- 暗号用の鍵やデジタル署名用の鍵の配送は、期待どおり安全に行われる。
- 顧客（リソース・オーナー）の端末やブラウザ（ユーザ・エージェント）は安全に動作する。
- 攻撃者に悪用されていないエンティティは期待どおりに動作する。

---

[23] 以下の FAPI 2.0 に関する説明は 2022 年 12 月のインプリメンテーション・ドラフトに基づく。ただし、FAPI 2.0 の標準仕様の策定が継続しており、本節の説明と異なる内容で今後策定が進められる可能性がある点に留意されたい。

[24] イギリスやブラジルのオープン・バンキング（Open Banking）においては、FAPI 1.0 に基づくものではあるが、こうしたツールによる認証の取得を必須としている（OpenID Foundation [2022]）。適合性を確認するツールに関する情報は「https://openid.net/certification/」に掲載されている（アクセス日：2024 年 3 月 27 日）。確認済みの事例は「https://openid.net/developers/certified-openid-connect-implementations/」に掲載されている（アクセス日：2024 年 3 月 27 日）。

- 暗号用の鍵やナンスなどの秘密情報はランダムで安全に生成される。攻撃者が秘密情報を効率的に推定することは困難である。
- クレデンシャルの漏洩につながるデータベースの設定ミス、OS やブラウザの設定ミスは、スコープ外とする。
- 認可サーバ上でマルウェアなどを実行させる攻撃（remote code execution）はスコープ外とする。
- フィッシングへの対策はスコープ外とする。
- クライアントや認可サーバによる、顧客の登録・本人確認（identity proofing）、当人確認（authentication）、ID・アクセス管理は、スコープ外とする。

ロ．攻撃者の類型

攻撃者の類型は主に表 3 の 5 つである。特に、A3a と A7 の攻撃者は、認可サーバとリソース・サーバにそれぞれアクセス可能であり、相当高度なスキルを有していることを想定している。もっとも、アクセス対象は認可リクエストとリソースへのリクエストであり、攻撃者が入手できる情報が限定されている。

（３）FAPI 2.0 の要求事項を適用した認可プロトコル

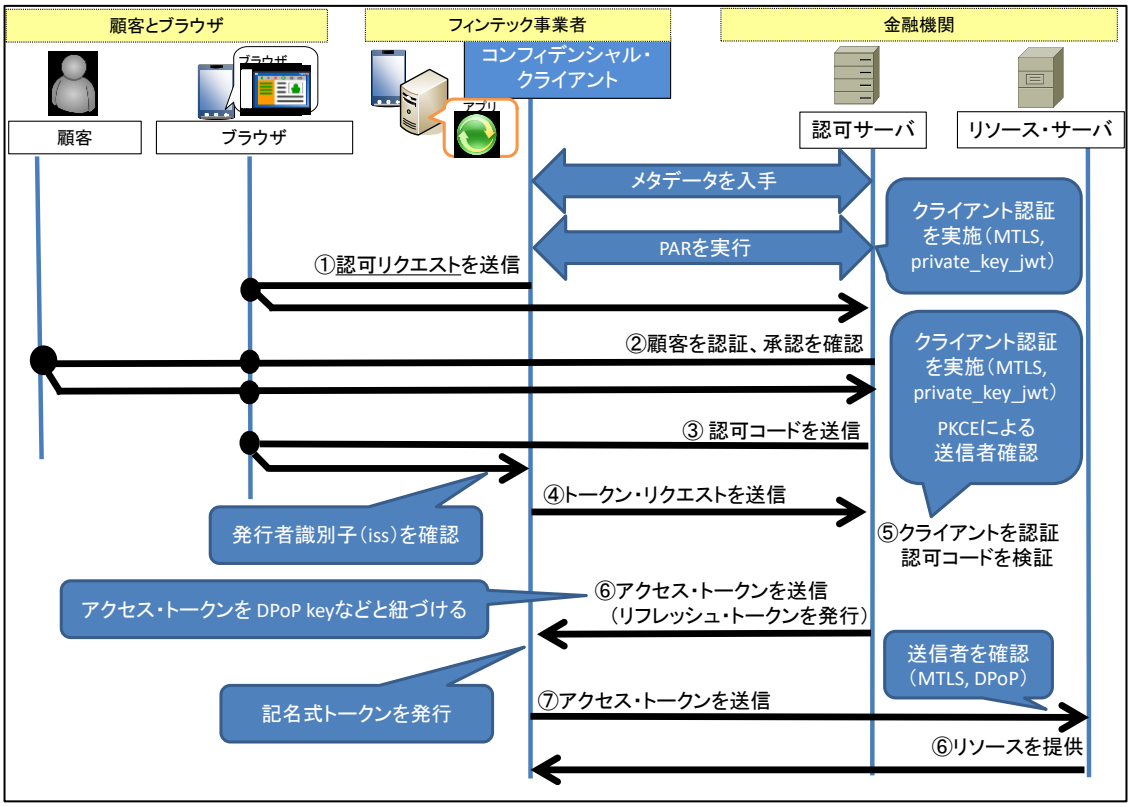
FAPI 2.0 の主な要求事項は以下のとおりである（図 3 参照）[25]。

表 3 攻撃者の類型

類型	攻撃者の行動の概要
A1	・ 顧客を不正なサイトへ誘導し、任意の認可リクエストを開始させる。 ・ 他のエンティティ間のメッセージを横取りしたりブロックしたりすることは不可能。認可サーバとして振舞うこともできない。
A1a	・ A1 の行動に加えて、認可サーバとして振舞う。 ・ 他の認可サーバから取得したメッセージを悪用したり、顧客を不正なサイトに誘導したりすることができる。
A2	・ 無線アクセス・ポイントを悪用したり、脆弱なネットワーク・ノードを操作したりして、顧客が使用するネットワークを悪用可能。 ・ メッセージの横取り、ブロック、改変が可能。
A3a	・ A1 の行動に加えて、認可サーバにアクセス可能。 ・ 認可リクエストを入手可能。
A7	・ A1 の行動に加えて、リソース・サーバにアクセス可能。 ・ リソース・サーバへのリクエストを入手可能。

[25] FAPI 2.0 では、認可サーバがインプリシット・フローとリソース・オーナー・パスワード・クレデンシャル・フローによるリクエストを拒否することとしており、これらを使用できない。

図３ FAPI 2.0 の主な要求事項を適用した認可コード・フロー



資料：Hosseyni, Küsters, and Würtele [2024] Figure 1

- エンティティ間の通信における暗号通信や認証は、暗号通信プロトコル TLS（Transport Layer Security）のバージョン 1.3 以降、または、一定の条件を満たすバージョン 1.2 を使用して行う[26]。
- クライアントはコンフィデンシャル・クライアントのみとする。
- クライアントへのメタデータの提供は、RFC 8414（OAuth 2.0 Authorization Server Metadata）や OpenID Connect Discovery[27]によって適切に行う。
- 認可サーバによるクライアント認証の方式は、MTLS（Mutual TLS）[28]または

[26] TLS 1.2 によって接続する場合には、条件として、TLS の安全な使用の推奨事項（Sheffer, Holz, and Saint-Andre [2015]）に従うこと、特定の暗号スイートを使用することなどが定められている。

[27] RFC 8414 は、認可サーバに関するメタデータ（認可サーバの識別子、認可リクエストやトークン・リクエストの送信先アドレス、認可のタイプ、サービス内容など）、メタデータのリクエストやレスポンスのメッセージ形式などを定めている（Jones, Sakimura, and Bradley [2018]）。OpenID Connect Discovery は、クライアントが OpenID Connect に基づく処理を実行する際に、認可サーバのメタデータを取得する方法を定めている（Sakimura *et al.* [2023]）。

[28] MTLS（RFC 8705）は、サーバ認証に加えてクライアント認証も実行する TLS を指す（Campbell

private_key_jwt[29]とする。

- クライアントが認可リクエストの内容を事前に認可サーバへ登録する仕組み PAR（Pushed Authorization Request）[30]を用いる。認可サーバは登録時にクライアント認証を実施する。
- クライアントは認可レスポンス内の発行者識別子を用いて認可サーバを特定・検証する。
- 認可サーバは認可コードの送信者確認を PKCE（ハッシュ関数 SHA256 によるコード・チャレンジを使用）によって行う。
- 認可サーバは記名式トークンのみ発行する。
- リソース・サーバはアクセス・トークンの送信者確認を行い、その方法として MTLS または DPoP（Demonstrating Proof of Possession）[31]を用いる。DPoP を使用する場合、認可サーバは認可コードも DPoP key と紐づけする。
- 認可サーバは顧客が認可の内容を正しく認識して認可フローを開始するように情報を適切に提供する。

（4）各攻撃方法によるリスク軽減に寄与する主な要求事項

FAPI 2.0 の要求事項を満たすように OAuth 2.0 の認可コード・フローを実装したとする。その場合、3 節（2）の表 1 に示した各攻撃方法によるリスクの軽減に寄与するか否かを検討すると、表 4 に示すように、大半の攻撃方法によるリスクの寄与につながる要求事項が存在している。表 4 の「リスク軽減に寄与す

---

et al. [2020]）。クライアントが自身の電子証明書とデジタル署名を認可サーバに送信し、認可サーバが署名検証や電子証明書の有効性検証などを実施する。

[29] private_key_jwt は、クライアントがデジタル署名を JWT に埋め込んで認可サーバに送信し、認可サーバは署名検証によってクライアントを認証する手法である（Sakimura *et al.* [2014]）。

[30] PAR（RFC 9126）は、クライアントが認可リクエスト送信前にリクエスト内容など（PKCE のコード・チャレンジなども含まれる）を認可サーバへ直接送信・登録する手法である（Lodderstedt *et al.* [2021]）。認可リクエスト時には、認可リクエストを特定する URI とクライアントの識別子のみを送信し、リクエスト内容がブラウザなどから漏洩したり改変されたりするリスクなどを低くすることができる。

[31] DPoP（RFC 9449）は、クライアントの署名検証鍵（DPoP key）を用いてアクセス・トークンの送信者を確認する手法である（Fett *et al.* [2023]）。アクセス・トークンは DPoP key と紐づけされて生成される。リソース・サーバは、クライアントから、アクセス・トークンとともにクライアントのデジタル署名（DPoP Proof）と署名検証鍵を受信した後、署名検証、および、署名検証鍵とアクセス・トークンの対応関係を認可サーバへの問合せなどにより検証する。

表 4　各攻撃方法によるリスク軽減に寄与する FAPI 2.0 の主な要求事項

攻撃方法	リスク軽減に寄与する FAPI 2.0 の主な要求事項 （【】：要求事項の効果）
① アクセス・トークンの推測	128 ビット以上のエントロピーをもつクレデンシャルの使用
② 通信経路上での盗聴	TLS（バージョンが 1.3 以上または条件付きで 1.2）の採用
③ クライアントからの奪取	・ トークン送信者の確認 【アクセス・トークンの不正使用の検知】 ・ クライアント認証 【リフレッシュ・トークンの不正使用の検知】
④ 転送機能の悪用	・ オープン・リダイレクト（自動転送）の禁止 ・ PAR【リダイレクト先の URL の事前登録と改変の検知】 ・ トークン送信者の確認 【アクセス・トークンの不正使用の検知】
⑤ 中継サーバの自動接続機能の悪用	・ PKCE【認可コードの不正使用の検知】 ・ PAR【PKCE のコード・チャレンジの事前登録】 ・ クライアント認証【認可コードの送信者の検証】 ・ トークン送信者の確認 【アクセス・トークンの不正使用の検知】
⑥ 認可リクエストの改変	・ メタデータの安全な提供 【正しいリソース・サーバなどの特定】 ・ PAR【リダイレクト先の URL の事前登録と改変の検知】 ・ 発行者識別子の検証【認可コードの発行者の検証】 ・ クライアント認証【認可コードの送信者の検証】 ・ トークン送信者の確認 【アクセス・トークンの不正使用の検知】
⑦ 不正なアプリの使用	（不正なアプリの排除機構が準備されていない）
⑧ セッション管理用パラメータの奪取 （奪取した認可コードなどを用いてクライアントになりすますケース）	・ PKCE【認可コードの不正使用の検知】 ・ PAR【PKCE のコード・チャレンジの事前登録】 ・ クライアント認証【認可コードの送信者の検証】 ・ トークン送信者の確認 【アクセス・トークンの不正使用の検知】
⑨ 攻撃者のリソースの偽装 ⑩ セッション管理用パラメータの悪用	認可内容の情報の顧客への十分な提供 （効果は顧客による認可内容の理解度合いに依存）
⑪ 不正なサイトへのリダイレクト	・ オープン・リダイレクト（自動転送）の禁止 ・ PAR【リダイレクト先の URL の事前登録と改変の検知】

る FAPI2.0 の主な要求事項」の列に記載されている要求事項（群）は、それぞれ対応する攻撃方法への対策となりうる要求事項を示しており、攻撃方法を防止するための十分条件ではない点に留意されたい。また、これらの要求事項を適用した際のリスク軽減の効果が十分か否かは、各サービスのビジネス要件に依存するため、一概にはいえない。

一方、一部の攻撃方法については、リスクを軽減できない場合やその効果が状況に依存する場合がある。具体的には、不正なアプリの使用、セッション管理用パラメータの奪取、攻撃者のリソースの偽造、セッション管理用パラメータの悪用が挙げられる。これらについてそれぞれ以下で説明する。

イ．不正なアプリの使用

これは、攻撃者が生成・配布した不正なアプリを顧客の端末にインストールさせ、そのアプリを用いて認可コードや顧客のリソースを奪取する攻撃である。FAPI 2.0 には不正なアプリを排除する機構が準備されておらず、FAPI 2.0 の要求事項を適用するだけではリスクを十分に軽減することが困難である。

対策としては、フィンテック事業者がアプリ提供サイトを限定する、アプリ提供サイトにおける不審なアプリを探索・排除する、正しいアプリの入手方法を顧客へ説明して理解を得るといった対応が挙げられる[32]。

ロ．セッション管理用パラメータの奪取

これは、攻撃者がクライアントやそれが動作する端末の特権を用いてセッション管理用のパラメータを奪取し、それを悪用して正規のセッションを乗っ取るというものである。最終的には、攻撃者は顧客のリソースを不正に入手する。

このタイプの攻撃のうち、攻撃者がセッションの乗っ取りによって認可コードやアクセス・トークンを入手したうえで認可サーバやリソース・サーバにそれらを提示するケースに関しては、FAPI 2.0 の要求事項（クライアント認証、PKCE、PAR、記名トークンと送信者確認）によって、攻撃者によるクライアントへのなりすましの検知が期待できる。ただし、攻撃者が、クライアントやそれが動作する端末の管理者権限を悪用し、セッション管理用パラメータの奪取とともに、他の処理（例えば、攻撃者への通信の実施）を実行するケースも想定される。このようなケースに対しては、上記の要求事項による対応だけではリスクを軽減できない可能性がある[33]。

対策としては、FAPI 2.0 の要求事項を満たすことに加えて、クライアントやその端末において権限昇格につながる脆弱性を極力排除することが挙げられる。

---

32 これらに加えて、例えば、顧客の端末の OS による不正なアプリの使用を防止する機構（アプリのインストールの状態、通信内容、既知の不正なコードの有無などから不正なアプリか否かを分析・判断するなど）を活用するといった対応も考えられる。

33 例えば、攻撃者が、リソース・サーバから顧客の口座履歴を入手した際にそれを攻撃者のサーバへ送信するようにクライアントの機能を管理者権限によって改変するというシナリオが考えられる。この場合、クライアント認証やトークン送信者の確認などではリスク軽減が難しい。

ハ．攻撃者のリソースの偽装

これは、攻撃者が、フィッシングなどによって攻撃者の口座履歴（金融機関が保持しているもの）のアクセス先に顧客を誘導し、顧客に自分の口座取引に関する情報を入力させるなどして奪取するものである。攻撃者の口座履歴を顧客の口座履歴と同期させることができるケースでは、両者を同期させるよう顧客を誘導し、同期を実施した後で顧客の口座履歴にアクセスすることも想定される。

この攻撃では、正規の認可フローが実行されているため、顧客が攻撃を検知しづらい。FAPI 2.0 では、認可の内容を顧客が正しく理解したうえで認可のフローを実施するように、認可サーバが認可内容に関する情報を顧客へ十分に提供することとしている。これに基づく対応によって、顧客が認可内容を正確に理解し、攻撃者による誘導に気づくことができたならば、リスク軽減に寄与する。

また、金融機関が複数のリソース間の同期を禁止する、フィンテック事業者が顧客に対してリソースのアクセス先に関する情報（例えば、リソースに紐づく顧客の情報）を適切に提供するといった対応もリスク軽減につながる。この攻撃方法によるリスクが高いと判断した場合には、上記の複数の対応を組み合わせて実施することが有用である。

ニ．セッション管理用パラメータの悪用

これは、攻撃者が、クライアントやそれが動作する端末の管理者権限を用いて顧客のセッション管理用のパラメータを攻撃者のものに改変し、顧客を攻撃者の口座履歴のアクセス先に誘導するというものである。この攻撃に関する FAPI 2.0 の要求事項の効果や対応に関しては、攻撃者のリソースの偽装の場合と同様である。

５．おわりに

本稿では、オープン API における認可プロトコル OAuth 2.0 について、脅威や攻撃方法を既存研究に基づいて整理したほか、標準仕様やベスト・プラクティスの要求事項が満たされておらず脆弱な実装が少なからず存在している状況を最近の研究成果を引用しつつ紹介した。また、脆弱性を排除する方法として、FAPI 2.0 の要求事項を認可プロトコルに適用した場合、大半の攻撃方法によるリスクの軽減に寄与することを示した。ただし、一部の攻撃方法に関しては、リスクを軽減できない場合やその効果が状況に依存する場合があり、追加的な対応が必要になることも説明した。

サイバーセキュリティの脅威は日々高度化しており、オープン API を標的と

した攻撃も今後増える可能性がある[34]。そうしたなか、OAuth 2.0 に関連する標準仕様やベスト・プラクティスの改訂・見直しが随時行われているほか、脆弱性や脅威に関する学術研究も進められている。オープン API のシステムのセキュリティを維持・向上させるためには、脅威の状況や標準仕様の動向を常に把握し、脆弱性を生じさせないように認可プロトコルを実装するとともに、リスク評価を適宜実施し、許容できないレベルのリスクが生じている場合にはリスク軽減策を検討することが求められる。こうした検討を行ううえで、FAPI 2.0 を活用することが有効である。今後、オープン API による安全なサービスが継続的に提供されることを期待したい。

以　上

[34] Akamai Technologies, Inc.は、2023 年中に発生したウェブ攻撃全体の約 3 割が API を標的にしていた旨の調査結果を発表するとともに、攻撃が今後増加する可能性があるとの見方を示している（https://www.akamai.com/lp/soti/lurking-in-the-shadows、アクセス日：2024 年 5 月 27 日）。

参考文献

中村啓佑、「OAuth 2.0 に対する脅威と対策：金融オープン API の一段の有効活用に向けて」、『金融研究』、第 37 巻第 3 号、2018 年、111～141 頁

Alam, Mahbub Ul, Muhammad Abul Kalam Azad, and Md. Showkat Ali, "Best Practices to Secure API Implementations in Core Banking System (CBS) in Banks," Proceedings of 2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, IEEE, 2022, pp. 730-735.

Basel Committee on Banking Supervision, "Digitalisation of Finance," Bank for International Settlement, 2024.

Campbell, Brian, John Bradley, Nat Sakimura, and Torsten Lodderstedt, "OAuth 2.0 Mutual-TLS Client Authentication and Certificate-Bound Access Tokens," RFC 8705, IETF, 2020.

Denniss, William, John Bradley, Micheal B. Jones, and Hannes Tschofenig, "OAuth 2.0 Device Authorization Grant," RFC 8628, IETF, 2019.

Fett, Daniel, "FAPI 2.0 Attacker Model," fapi-2_0-attacker-model-03, OpenID Foundation, 2022a.

———, "FAPI 2.0 Security Profile," fapi-2_0-security-profile-03, OpenID Foundation, 2022b.

———, Brian Campbell, John Bradley, Torsten Lodderstedt, Michael Jones, and David Waite, "OAuth 2.0 Demonstrating Proof of Possession (DPoP)," RFC 9449, IETF, 2023.

Hardt, Dick, "The OAuth 2.0 Authorization Framework," RFC 6749, IETF, 2012.

Hosseyni, Pedram, Ralf Küsters, and Tim Würtele, "Formal Security Analysis of the OpenID FAPI 2.0: Accompanying a Standardization Process," Cryptology ePrint Archive, Paper 2024/078, International Association for Cryptologic Research, 2024.

Jones, Michael B., Brian Campbell, and Chuck Mortimore, "JSON Web Token (JWT) Profile for OAuth 2.0 Client Authentication and Authorization Grants," RFC 7523, IETF, 2015.

———, and Dick Hardt, "The OAuth 2.0 Authorization Framework: Bearer Token Usage," RFC 6750, IETF, 2012.

———, Nat Sakimura, and John Bradley, "OAuth 2.0 Authorization Server Metadata," RFC 8414, IETF, 2018.

Lodderstedt, Torsten, John Bradley, Andrey Labunets, and Daniel Fett, "OAuth 2.0 Security Best Current Practice," Internet Draft, draft-ietf-oauth-security-topics-

27, IETF, 2024.
———, Brian Campbell, Nat Sakimura, Dave Tonge, and Filip Skokan, “OAuth 2.0 Pushed Authorization Requests,” RFC 9126, IETF, 2021.
———, Stefanie Dronia, and Marius Scurtescu, “OAuth 2.0 Token Revocation,” RFC 7009, IETF, 2013.
———, Mark McGloin, and Phil Hunt, “OAuth 2.0 Threat Model and Security Considerations,” RFC 6819, IETF, 2013.
OpenID Foundation, “Open Banking, Open Data and Financial-grade APIs: A Whitepaper for Open Banking and Open Data Ecosystem Participants Globally,” Version: Final 1.0, OpenID Foundation, 2022 (available at https://openid.net/wordpress-content/uploads/2022/03/OIDF-Whitepaper_Open-Banking-Open-Data-and-Financial-Grade-APIs_2022-03-16.pdf、2024 年 5 月 27 日).
Philippaerts, Pieter, Davy Preuveneers, and Wouter Joosen, “OAuch: Exploring Security Compliance in the OAuth 2.0 Ecosystem,” Proceedings of the 25th International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses, Association for Computing Machinery, 2022, pp. 460-481.
———, ———, and ———, “Revisiting OAuth 2.0 Compliance: A Two-Year Follow-Up Study,” Proceedings of 2023 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshop, IEEE, 2023, pp. 521-525.
Sakimura, Nat, John Bradley, and Naveen Agarwal, “Proof Key for Code Exchange by OAuth Public Client,” RFC 7636, IETF, 2015.
———, ———, Michael B. Jones, and Edmund Jay, “OpenID Connect Discovery 1.0 incorporating errata set 2,” OpenID Foundation, 2023.
———, ———, ———, Breno de Medeiros, and Chuck Mortimore, “OpenID Connect Core 1.0 incorporating errata set 1,” OpenID Foundation, 2014.
Sheffer, Yaron, Ralph Holz, and Peter Saint-Andre, “Recommendations for Secure Use of Transport Layer Security (TLS) and Datagram Transport Layer Security (DTLS),” RFC 7525, IETF, 2015.
Tonge, Dave, “FAPI Client Initiated Backchannel Authentication Profile – draft,” OpenID Foundation, 2024.

補論１．APIに関するセキュリティ・リスク

The OWASP Foundation Inc.[35]は、APIの開発主体やサービス提供主体が認識しておくべき主なセキュリティ・リスク10件を「Top 10 API Security Risks」として2023年に公表している[36]。リスクをその所在（リスクにつながる脆弱性が存在しうる箇所）に基づいて類型化すると表 A-1 のとおりである。認可プロトコルに関するリスクは、オブジェクトそのもの、オブジェクトのプロパティ、機能の3つのレベルに分けられている。

認証プロトコルのリスクについては、従来から金融機関が各種サービスのリスクのレベルに応じた適切な認証手段を選択・実装してきた。APIにおける処理フローにおいて、顧客やフィンテック事業者をどのように認証するかについても、これまでの延長線上で検討することができる。

APIリソース管理や業務フロー管理のリスクについても、従来の業務継続に関

表A－1　OWASP Top 10 API Security Risk (2023)で挙げられているリスク

リスクの所在		主なリスクと攻撃方法
認可プロトコル	オブジェクト・レベル	オブジェクトそのものやその識別子の漏洩などによって、リソースへの不正アクセスが発生する。
	オブジェクト・プロパティ・レベル	APIの応答からオブジェクトの属性情報が漏洩し、その悪用によってリソースへの不正アクセスが発生する。
	機能レベル	アクセス制御ポリシーの脆弱性（権限を確認しないなど）が悪用され、他のユーザによるAPIリクエストが横取りされたり改変されたりする。
認証		認証プロトコルの脆弱性が悪用され、他のユーザになりすましされる。
APIリソース管理		APIへのリクエストの制御に不備があり、大量のデータを短時間で送信するなどの攻撃によって、APIの処理能力が枯渇する。
業務フロー管理		APIへのリクエストの制御に不備があり、大量のサービスを短時間で要求するなどの攻撃によって、業務遂行に問題が発生する。
APIのアクセス先管理		APIの処理において不適切なサイトへのアクセスが実行させ、アクセス先のサイトに関する情報が漏洩する
API構成管理		APIの設定が不適切であり、他のユーザのリソースやシステムの重要な情報が漏洩する。
APIインベントリ管理		APIのインベントリ管理が不適切(APIの属性情報が更新されないなど)であり、API構成管理を適切に実施できない。
外部のAPIの管理		セキュリティ・レベルが低い外部のAPIにアクセスすることにより、APIに関する重要な情報の漏洩、不正な処理、サービス妨害が発生する。

35 The OWASP Foundation Inc.は、ソフトウェアのセキュリティ向上を目的とするグローバルな非営利団体であり、セキュリティ向上に資する各種プロジェクトの支援、イベント開催などを通じた人材交流・コミュニティ形成の支援、セキュリティに関する啓発資料や情報の提供などを行っている。OWASPはOpen Worldwide Application Security Projectの略称であり、The OWASP Foundation Inc.の登録商標である。

36 これらのリスクは、https://owasp.org/API-Security/editions/2023/en/0x00-notice/（アクセス日：2024年3月29日）において公表されている。

する取組みを、API の計算資源の確保や関連業務の継続に拡張してリスク対策を検討することになる。

API 構成管理のリスクに関しては、API 開発プロセスにおけるコード・レビューや各種テストの実施を通じて、不適切な設定を検知・修正する対応が考えられる。ソフトウェア開発一般で実施されているものであり、API 開発においても同様に対応することとなる。また、API を FAPI 2.0 ベースで実装する場合、OpenID Foundation による適合性テストや認証スキームを活用することもできる。

API インベントリ管理のリスクについては、金融機関が API のインベントリを適切に構築・管理していない場合、それらのシステムの構成管理に支障が生じ脆弱性への対応などが適切に行われない可能性がある。システムの構成要素やそのバージョン、API を通じて提供される情報とその重要度、リスク対策の実施状況など、通常のシステムにおけるインベントリと同様の管理が必要となる。

外部の API の管理のリスクについては、金融機関による API 接続先管理の一環として対応することが想定される。

補論２．主な脅威の概要

（１）アクセス・トークンの奪取

①　アクセス・トークンの推測

攻撃者が、自分のリソースにアクセスするためのアクセス・トークンを自分の端末などから入手したうえで、それを分析して顧客のリソースにアクするためのアクセス・トークンを推定する。サーバ・アプリの場合には、クライアントのサーバ (アクセス・トークンを格納) などから不正に入手する。

②　通信経路上での盗聴

攻撃者が、クライアントと認可サーバとの間の通信、または、クライアントとリソース・サーバとの間の通信を盗聴・解析してアクセス・トークンを入手する。

③　クライアントからの奪取

攻撃者が、クライアントや端末・サーバの脆弱性を悪用してそれらの管理者権限を入手し、管理者権限を用いてアクセス・トークンやリフレッシュ・トークンをクライアントから奪取する。

④　転送機能の悪用

クライアントが特定の URL へアクセス・トークンを自動的に転送する機

能（オープン・リダイレクト）を有効化しているケースにおいて、攻撃者が、リダイレクト先の URL を自分のサーバのものに改変し、アクセス・トークンを自分のサーバへ転送させる。

⑤　中継サーバの自動接続機能の悪用

顧客の端末が認可サーバなどとの通信に中継サーバ（プロキシ）を使用しているケースにおいて、攻撃者が、プロキシの自動設定ファイルを悪用して認可コードやアクセス・トークンをプロキシから自分のサーバへ送信させる。

⑥　認可リクエストの改変

攻撃者が、認可リクエストにおいて、認可サーバやリソース・サーバの IP アドレスを自分のサーバのものに変更し、認可コードやアクセス・トークンをクライアントから攻撃者のサーバへ送信させる。

（２）セッションの奪取

⑦　不正なアプリの使用

攻撃者が、不正なネイティブ・アプリを顧客の端末にインストールさせ、ブラウザとクライアントの間のセッションに中間者として侵入し、認可コードや顧客の口座履歴を奪取する。

⑧　セッション管理用パラメータの奪取

攻撃者が、クライアントやそれが動作する端末の管理者権限を奪取し、それを用いてセッション管理用のパラメータ（state）を入手する。入手したパラメータによって正規のセッションを引き継ぎ、顧客の口座履歴を奪取する。

（３）顧客の誘導

⑨　攻撃者のリソースの偽装

攻撃者が、フィッシングなどによって、攻撃者の口座履歴へのアクセス先へ口座履歴を入力するように顧客を誘導する。また、複数の口座履歴を同期させることができる場合には、顧客の口座履歴を攻撃者の口座履歴へ同期させるように顧客を誘導し、攻撃者は同期後に顧客の口座履歴を入手する。

⑩　セッション管理用パラメータの悪用

攻撃者が、クライアントやそれが動作する端末の管理者権限を奪取して

セッション管理用のパラメータ（state）を改変し、顧客を攻撃者の口座履歴のアクセス先へ誘導する。そのうえで、攻撃者の口座履歴のアクセス先へ口座履歴を入力するように顧客を誘導する。顧客が口座履歴を入力したら、攻撃者はそれにアクセスして入手する。また、複数の口座履歴を同期させることができる場合には、顧客の口座履歴を攻撃者の口座履歴へ同期させるように顧客を誘導し、攻撃者は同期後に顧客の口座履歴を入手する。

（４）顧客のクレデンシャルの奪取

⑪　不正なサイトへのリダイレクト

攻撃者が、フィッシング・サイトの URL をクライアントのアクセス先として認可サーバに登録し、フィッシング・メールなどによって不正な認可リクエストを顧客に開始させる。それを受信した認可サーバは、エラー・メッセージなどをブラウザに返信するとともに、登録済の URL（フィッシング・サイト）へブラウザをリダイレクトさせる。顧客がそのサイト上で ID やパスワードを入力すると、攻撃者がそれらを用いて顧客になりすまし、正規の認可プロセスを経て口座履歴を入手する。