

TR-1108

WebRTCに関する技術報告書  
データ形式編

Technical Report on WebReal-Time  
Communication (WebRTC):  
Data Format

第1版

2024年12月05日制定

一般社団法人

情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。  
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、  
改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

## 目次

<参考> .....	4
I. 本技術レポートの概要 .....	5
II. RFC7742 原文の著作権について .....	6
III. RFC7742 の和訳 .....	7
1. はじめに .....	7
2. 用語 .....	7
3. 前処理と後処理 .....	7
3.1 カメラソースビデオ .....	8
3.2 スクリーンソースビデオ .....	8
4. ストリームの方向 .....	8
5. 実装必須のビデオコーデック .....	9
6. コーデック固有の考慮事項 .....	9
6.1 VP8 .....	10
6.2 H.264 .....	10
7. セキュリティに関する考慮事項 .....	10
8. 参考資料 .....	11
8.1 標準参照 .....	11
8.2 参考文献 .....	11
IV. RFC7874 原文の著作権について .....	13
V. RFC7874 の和訳 .....	14
1. はじめに .....	14
2. 用語 .....	14
3. コーデック要件 .....	14
4. オーディオレベル .....	15
5. アコースティックエコーキャンセレーション (AEC) .....	16
6. 従来の VoIP 相互運用性 .....	16
7. セキュリティに関する考慮事項 .....	16
8. 参考資料 .....	17
8.1 標準参照 .....	17
8.2 参考文献 .....	17

## <参考>

### 1. 国際勧告等との関連

本技術レポートは、RFC7742 及び RFC7874 を調査したものである。

### 2. 上記国際勧告等に対する追加項目等

なし

### 3. 改定の履歴

版 数	発 行 日	改 版 内 容
第 1 版	2024 年 12 月 05 日	制定

### 4. 参考文献

[RFC7742] Roach, A.B., "WebRTC Video Processing and Codec Requirements", RFC 7742, DOI 10.17487/RFC7742, March 2016, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7742>>.

[RFC7874] Valin, JM. and C. Bran, "WebRTC Audio Codec and Processing Requirements", RFC 7874, DOI 10.17487/RFC7874, May 2016, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7874>>.

### 5. 工業所有権

本技術レポートに関わる「工業所有権等の実施許諾に係る声明書」の提出状況は、TTC ホームページでご覧になれます。

### 6. 技術レポート作成部門

企業ネットワーク専門委員会

## I. 本技術レポートの概要

近年、テレワークの推進により、Web 会議システムが急速に普及してきた。Web 会議システムにおいてはパソコンやスマートフォン、タブレットなどデバイスを選ばず、Web ブラウザからアクセスすることにより、いつでもどこでも会議を行うことができるというメリットがある。Web 会議システムの通信プロトコルはシステムによって WebSocket であったり独自仕様であったりと様々なプロトコルが使用されている。その中でも近年特に注目されているのが WebRTC である。

WebRTC はブラウザ同士の双方向通信のために 2012 年に規格が策定され、様々な Web ブラウザで実装されてきた。その後テレワークの推進により、さらに注目を浴び、2021 年に IETF による標準化が行われた。

本報告書では TR-1095、TR-1101、TR-1102、TR-1107 に引き続き、IETF によって標準化された WebRTC に関する以下の RFC について日本語に翻訳する。

- RFC7742 : WebRTC ビデオ処理とコーデックの要件
- RFC7874 : WebRTC オーディオコーデックおよび処理要件

TR-1095、TR-1101、TR-1102、TR-1107 にて翻訳した RFC を以下に記載する。

技術レポート	RFC	タイトル
TR-1095 (技術報告書)	RFC8825	IETF によって標準化された WebRTC の仕様の概要
	RFC8834	WebRTC で使用される RTP の取り決め
TR-1101 (データ転送編)	RFC8835	WebRTC で使用されるデータ転送プロトコル
	RFC8828	WebRTC 実装における IP アドレスの処理方法 (プライバシーとメディアパフォーマンスのトレードオフの処理方法)
	RFC8831	WebRTC コンテキストにおける Stream Control Transmission Protocol (SCTP) の使用方法
	RFC8832	WebRTC データチャネル確立プロトコル
TR-1102 (セキュリティ編)	RFC8826	WebRTC のセキュリティに関する考慮事項
	RFC8827	WebRTC セキュリティアーキテクチャ
TR-1107 (接続管理編)	RFC8829	WebRTC の接続管理

## II. RFC7742 原文の著作権について

Copyright (c) 2016 IETF Trust and the persons identified as the document authors. All rights reserved.

This document is subject to BCP 78 and the IETF Trust's Legal Provisions Relating to IETF Documents (<http://trustee.ietf.org/license-info>) in effect on the date of publication of this document. Please review these documents carefully, as they describe your rights and restrictions with respect to this document. Code Components extracted from this document must include Simplified BSD License text as described in Section 4.e of the Trust Legal Provisions and are provided without warranty as described in the Simplified BSD License.

### III. RFC7742 の和訳

#### RFC 7742 WebRTC ビデオ処理とコーデックの要件

##### 概要

この仕様は、WebRTC アプリケーションがネットワーク経由でビデオを送受信するための要件と考慮事項を提供する。ビデオコーデックとそのパラメータだけでなく、必要なビデオ処理を指定する。

##### 1. はじめに

WebRTC エンドポイントの主要な機能の 1 つは、対話型ビデオを送受信する機能である。ビデオは、カメラ、画面録画、保存されたファイル、またはその他のソースからのものである。この仕様では、WebRTC アプリケーションがネットワーク経由でビデオを送受信するための要件と考慮事項について説明する。必要なビデオ処理と、ビデオコーデックとそのパラメータを指定する。

この文書では、ビデオコーデックの処理に関する問題についてのみ説明する。ネットワーク経由でのメディアストリームの転送に関連する問題については、[WebRTC-RTP-USAGE] で指定されている。

##### 2. 用語

この文書のキーワード「MUST」、「MUST NOT」、「REQUIRED」、「SHALL」、「SHALL NOT」、「SHOULD」、「SHOULD NOT」、「RECOMMENDED」、「MAY」、および「OPTIONAL」は、RFC2119 [RFC2119] で説明されているように解釈される。

この文書では、次の定義が使用される。

- o WebRTC ブラウザ (WebRTC ユーザエージェントまたは WebRTC UA と呼ばれます) は、プロトコル仕様と Javascript API の両方に準拠しているものである ([RTCWEB-OVERVIEW] を参照)。
- o WebRTC 非ブラウザは、プロトコル仕様に準拠しているが、Javascript API の実装を要求していない。これは、"WebRTC デバイス"または"WebRTC ネイティブアプリケーション"とも呼ばれている。
- o WebRTC エンドポイントは、WebRTC ブラウザまたは WebRTC 非ブラウザのいずれかである。プロトコル仕様に準拠している。
- o WebRTC 互換エンドポイントは、WebRTC エンドポイントと正常に通信できるが、WebRTC エンドポイントの一部の要件を満たしていない可能性があるエンドポイントである。これにより、ネットワーク内でそのようなエンドポイントを接続できる場所が制限されたり、他のユーザに提供するセキュリティ保証が制限されたりする可能性がある。この仕様による制約はない。WebRTC 互換エンドポイントについて言及する場合は、WebRTC エンドポイントに適用される要件の WebRTC 互換エンドポイントへの影響に注意すること。

これらの定義は [RTCWEB-OVERVIEW] にも記載されており、追加情報についてはその文書を参照すること。

##### 3. 前処理と後処理

この章では、ビデオストリームの前処理と後処理に関するガイダンスを提供する。

セッション記述プロトコル (SDP) またはコーデックで特に指定されていない限り、色空間は sRGB [SRGB]

である必要がある[SHOULD]。わかりやすくするために、これは [IEC23001-8] で定義されている "ColourPrimaries" のコードポイント 1 で示される色空間である。

SDP またはコーデックで特に指定されていない限り、ビデオコーデックのビデオスキャンパターンは Y'CbCr 4:2:0 である。

### 3.1 カメラソースビデオ

この文書では、カメラキャプチャに関する標準的な要件はない。ただし、実装者は、プラットフォームで実現可能な場合は、次の機能を利用することが推奨される。

- o 自動フォーカス (使用中のカメラに該当する場合)
- o 自動ホワイトバランス
- o 自動ライトレベル制御
- o 実際に使用されているエンコードに基づくビデオキャプチャの動的フレームレート(たとえば、帯域幅の制約、低照度条件、またはアプリケーション設定のために 15 fps でエンコードする場合、カメラは理想的にはより高いレートではなく 15 fps でキャプチャする)。

### 3.2 スクリーンソースビデオ

ビデオソースがコンピューター画面の一部(デスクトップやアプリケーションの共有など)である場合は、この節の考慮事項も適用される。

スクリーンソースのビデオは解像度を変更できるため(ウィンドウのサイズ変更や同様の操作が原因で)、WebRTC ビデオの受信者は、ユーティリティを維持する方法で中間の解像度の変更を処理できるように準備する必要がある[MUST]。正確な処理(例えば、ビデオがレンダリングされる要素のサイズ変更と、受信ストリームのスケールダウン; レター/ピラーボックスに関する決定)は、アプリケーションの裁量に任されている。

既定のビデオスキャン形式 (Y'CbCr 4:2:0) は、この文書の作成時に使用されているほとんどのシステムで生成される画面コンテンツの表現には最適ではないことがわかっている。通常は、サンプルあたり少なくとも 24 ビットの RGB を使用する。将来的には、この種類のコンテンツの表現には、画面コンテンツ用に最適化されたビデオコーデックを使用することが推奨される。

さらに、[WebRTC-SEC-ARCH] の 5.2 節の要件と、[WebRTC-SEC] の 4.1.1 項の考慮事項に注意すること。

## 4. ストリームの方向

状況によっては(特にモバイルデバイスに関連する場合)、カメラの向きがエンコーダで使用される向きと一致しない場合がある。さらに重要なのは、呼び出しの過程で向きが変化し、受信側がストリームをレンダリングする向きを変更する必要があることである。

送信側は、単にフレームのエンコード前の向きを変更することもできるが、これは実用的でも効率的でもない場合がある(特に、カメラへのインターフェイスが圧縮前のビデオフレームを返す場合)。この動作の可能性によって、3.2 節で説明されているものに加えて、ビデオストリームの途中で画面の解像度の変更される可能性がある別の状況が追加されることに注意すること。

これらの状況に対応するために、既定以外の向きでメディアを生成できる WebRTC 実装は、[TS26.114] の 7.4.5 項で説明されているビデオ方向の調整 (CVO) メカニズムの R0 および R1 ビットの生成をサポートしなければならず[MUST]、ピアがメカニズムのサポートを示している場合は、すべての向きに対してそれらを送信しなければならない[MUST]。これらは、高解像度のローテーションビットを含む、CVO 拡張の他のビットの送信をサポートしてもよい[MAY]。すべての実装は、R0 および R1 ビットの解釈をサポートする必要がある



あり[SHOULD]、他の CVO ビットをサポートしてもよい[MAY]。

さらに、一部のコーデックは、向きの帯域内シグナリングをサポートする(たとえば、H.264 と H.265 の SEI"Display Orientation"メッセージ [H265])。CVO がネゴシエートされた場合、送信者はそのようなコーデック固有のメカニズムを使用してはならない[MUST NOT]。ただし、CVO のサポートが SDP でシグナリングされていない場合、そのような実装は代わりにコーデック固有のメカニズムを使用してもよい[MAY]。

## 5. 実装必須のビデオコーデック

この章で使用される "WebRTC ブラウザ"、"WebRTC 非ブラウザ"、および "WebRTC 互換エンドポイント" の定義については、2 章を参照すること。

WebRTC ブラウザは、[RFC6386] で説明されている VP8 ビデオコーデックと、[H264] で説明されている H.264 制約ベースラインを実装しなければならない[MUST]。

ビデオの送受信をサポートする WebRTC 非ブラウザは、[RFC6386] で説明されている VP8 ビデオコーデックと、[H264] で説明されている H.264 制約ベースラインを実装しなければならない[MUST]。

注：ロイヤリティを負担しないビデオコーデックの使用を促進するために、RTCWEB ワーキンググループの参加者と IETF の後続のワーキンググループは、2 つの必須実装コーデックに関連するライセンス状況の変化を監視する予定である。いずれかのコーデックがロイヤリティフリーで使用できるという説得力のある証拠が得られた場合、ワーキンググループは、ロイヤリティフリーのコーデックが実装必須のまま、もう一方がオプションになることを意図して、非ブラウザにどのコーデックが必要かという問題を再検討する予定である。

これらの規定は、WebRTC 非ブラウザにのみ適用される。WebRTC ブラウザに必要なコーデックを再検討する予定はない。

"WebRTC 互換エンドポイント" は、適切と思われるビデオコーデックを自由に実装できる。これは、論理的には "WebRTC 互換エンドポイント" の定義に従う。もちろん、WebRTC ブラウザに必須のビデオコーデックを少なくとも 1 つ実装することが推奨されており、実装者はそうすることが推奨される。

## 6. コーデック固有の考慮事項

SDP では、[RFC6236] で説明されているメカニズムを使用して、推奨されるビデオ解像度をコーデックに依存せずに示すことができる。WebRTC エンドポイントは、受信する最大解像度を示すために "a=imageattr" 属性を送信する場合がある[MAY]。送信者は、エンコードされた解像度を指定された最大サイズに制限することによって、この属性を解釈して尊重する必要がある[SHOULD]。受信者は、より高い解像度を処理できない可能性がある。

さらに、コーデックには、解像度、フレームレート、およびビットレートに関する最大受信者機能を通知するコーデック固有の手段が含まれる場合がある。

SDP で特に通知されていない限り、ビデオストリームの受信者は、少なくとも 320 ピクセル×240 ピクセルの解像度で、少なくとも 20 fps のレートでビデオをデコードできなければならない[MUST]。これらの値は、[HSUP1] の推奨事項に基づいて選択される。

エンコーダは、少なくとも上記と同じ解像度とフレームレートのエンコードメディアをサポートすることが推奨される。

## 6.1 VP8

[RFC6386]で定義されているVP8コーデックの場合、エンドポイントは[RFC7741]で定義されているペイロード形式をサポートしなければならない[MUST]。

[RFC6236]メカニズムに加えて、VP8エンコーダは、対応するmax-frおよびmax-fs SDP属性で受信側によって示される値に準拠するように、送信するストリームを制限しなければならない[MUST]。

特に通知されていない限り、VP8を使用する実装は、暗黙的な1:1(正方形)の縦横比でピクセルをエンコードおよびデコードしなければならない[MUST]。

## 6.2 H.264

[H264]コーデックの場合、エンドポイントは[RFC6184]で定義されているペイロード形式をサポートしなければならない[MUST]。さらに、Constrained Baseline Profile Level 1.2をサポートしなければならない[MUST]、H.264 Constrained High Profile Level 1.3をサポートする必要がある[SHOULD]。

H.264コーデックの実装では、さまざまなオプションパラメータが使用されている。相互運用性を向上させるために、次のパラメータ設定が指定されている。

packetization-mode: Packetization-mode 1をサポートしなければならない[MUST]。他のモードをネゴシエートして使用することができる[MAY]。

profile-level-id: 実装はSDPにこのパラメータを含めなければならない[MUST]、受信時に解釈しなければならない[MUST]。

max-mbps、max-smbps、max-fs、max-cpb、max-dpb、およびmax-br:

これらのパラメータを使用すると、実装は、(profile-level-idで設定された)レベルによって通知されるものよりも高いレートと値でH.264の特定の機能をサポートできることを指定できる。実装はSDPにこれらのパラメータを含めることができるが[MAY]、可能な限り最高品質のビデオを送信できるように、受信時に解釈する必要がある[SHOULD]。

sprop-parameter-sets: H.264では、シーケンスと画像の情報をインバンドとアウトオブバンドの両方で送信できる。WebRTC実装は、この情報をインバンドで通知する必要がある[MUST]。これは、WebRTC実装が生成するSDPにこのパラメータを含めてはならない[MUST NOT]ことを意味する。

H.264コーデックは、Supplemental Enhancement Information (SEI)の「filler payload」および「full frame freeze」メッセージを送信することができ[MAY]、適切な解釈をサポートする必要がある[MUST]。「full frame freeze」メッセージは、ビデオスイッチングMCUで使用され、さまざまな入力ストリーム間のスイッチング中にデコードされた表示画像を安定させるために使用される。

ビデオ方向(CVO)RTPヘッダー拡張の使用がSDPの一部として通知されない場合、H.264実装は、Display Orientation SEIメッセージを送信することができ[MAY]、適切な解釈をサポートする必要がある[SHOULD]。

実装は、「User data registered by Rec. ITU-T T.35」および「User data unregistered」メッセージを送信し、それに基づいて行動することができる[MAY]。実装がそれらに基づいて行動しない場合でも、実装は悪影響なしにそのようなメッセージを受信できるように準備する必要がある[MUST]。

特に通知されていない限り、H.264を使用する実装では、暗黙的な1:1(正方形)の縦横比でピクセルをエンコードおよびデコードする必要がある[MUST]。

## 7. セキュリティに関する考慮事項

この仕様では、参照する他の文書に記載されているものを超えて、新しいメカニズムやセキュリティ上の問題を導入することはない。WebRTCでは、ビデオはデータグラムトランスポート層セキュリティ(DTLS)/

セキュアリアルタイムトランスポートプロトコル (SRTP) を使用して保護される。セキュリティに関する考慮事項の詳細については、[WebRTC-SEC] と [WebRTC-SEC-ARCH] を参照すること。実装者は、フレーム間の变化(そして、推測すると、フレーム内の動きの量は)の程度がビデオストリームのビットレートに基づいて盗聴者によって推測される可能性があることを念頭に置いて、可変ビットレートビデオコーデックの使用がアプリケーションに適しているかどうかを検討する必要がある。

また、H.264 を使用する実装者は、[RFC6184] の「セキュリティに関する考慮事項」の章に注意を払い、SEI メッセージに関する規範的な要件に特に注意を払うことが推奨される。

## 8. 参考資料

### 8.1 標準参照

- [H264] ITU-T, "Advanced video coding for generic audiovisual services (V9)", ITU-T Recommendation H.264, February 2014, <<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.264>>.
- [HSUP1] ITU-T, "Application profile - Sign language and lipreading real-time conversation using low bit rate video communication", ITU-T Recommendation H.Sup1, May 1999, <<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.Sup1>>.
- [IEC23001-8] ISO/IEC, "Coding independent media description code points", ISO/IEC 23001-8:2013/DCOR1, 2013, <[http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/c062088\\_ISO\\_IEC\\_23001-8\\_2013.zip](http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/c062088_ISO_IEC_23001-8_2013.zip)>.
- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, DOI 10.17487/RFC2119, March 1997, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc2119>>.
- [RFC6184] Wang, Y., Even, R., Kristensen, T., and R. Jesup, "RTP Payload Format for H.264 Video", RFC 6184, DOI 10.17487/RFC6184, May 2011, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6184>>.
- [RFC6236] Johansson, I. and K. Jung, "Negotiation of Generic Image Attributes in the Session Description Protocol (SDP)", RFC 6236, DOI 10.17487/RFC6236, May 2011, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6236>>.
- [RFC6386] Bankoski, J., Koleszar, J., Quillio, L., Salonen, J., Wilkins, P., and Y. Xu, "VP8 Data Format and Decoding Guide", RFC 6386, DOI 10.17487/RFC6386, November 2011, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6386>>.
- [RFC7741] Westin, P., Lundin, H., Glover, M., Uberti, J., and F. Galligan, "RTP Payload Format for VP8 Video", RFC 7741, DOI 10.17487/RFC7741, March 2016, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7741>>.
- [SRGB] IEC, "Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management - Part 2-1: Colour management - Default RGB colour space - sRGB.", IEC 61966-2-1, October 1999, <<https://webstore.iec.ch/publication/6169>>.
- [TS26.114] 3GPP, "IP Multimedia Subsystem (IMS); Multimedia Telephony; Media handling and interaction", TS 26.114, Version 13.2.0, December 2015, <<http://www.3gpp.org/DynaReport/26114.htm>>.

### 8.2 参考文献

- [H265] ITU-T, "High efficiency video coding", ITU-T Recommendation H.265, April 2015, <<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.265>>.
- [RTCWEB-OVERVIEW] Alvestrand, H., "Overview: Real Time Protocols for Browser-based Applications", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-overview-14, June 2015.
- [WebRTC-RTP-USAGE] Perkins, C., Westerlund, M., and J. Ott, "Web Real-Time Communication (WebRTC): Media

Transport and Use of RTP", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-rtp-usage-25, June 2015.

[WebRTC-SEC] Rescorla, E., "Security Considerations for WebRTC", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-security-08, February 2015.

[WebRTC-SEC-ARCH] Rescorla, E., "WebRTC Security Architecture", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-security-arch-11, March 2015.

#### IV. RFC7874 原文の著作権について

Copyright (c) 2016 IETF Trust and the persons identified as the document authors. All rights reserved.

This document is subject to BCP 78 and the IETF Trust's Legal Provisions Relating to IETF Documents (<http://trustee.ietf.org/license-info>) in effect on the date of publication of this document. Please review these documents carefully, as they describe your rights and restrictions with respect to this document. Code Components extracted from this document must include Simplified BSD License text as described in Section 4.e of the Trust Legal Provisions and are provided without warranty as described in the Simplified BSD License.

## V. RFC7874 の和訳

### RFC 7874 WebRTC オーディオコーデックおよび処理要件

#### 概要

この文書では、WebRTC エンドポイントのオーディオコーデックと処理要件について概説する。

#### 1. はじめに

Web Real-Time Communications (WebRTC) の成功と採用に不可欠な要素は、WebRTC アプリケーション間の音声とビデオの相互運用性である。この仕様では、WebRTC エンドポイントのオーディオ処理とコーデックの要件の概要を示す。

#### 2. 用語

この文書のキーワード「MUST」、「MUST NOT」、「REQUIRED」、「SHALL」、「SHALL NOT」、「SHOULD」、「SHOULD NOT」、「RECOMMENDED」、「NOT RECOMMENDED」、「MAY」、および「OPTIONAL」は、RFC2119 [RFC2119] で説明されているように解釈される。

#### 3. コーデック要件

WebRTC エンドポイント間のベースラインレベルの相互運用性を確保するために、必要なコーデックの最小セットが以下に指定されている。WebRTC エンドポイントで使用する他の適切なオーディオコーデックがある場合は、音声トランスコーディングを必要とせずにセッションを確立する可能性を最大化するために、それらもオファーに含めることをお勧めする[RECOMMENDED]。

WebRTC エンドポイントは、次のオーディオコーデックを実装する必要がある[REQUIRED]。

- [RFC7587]で指定されたペイロード形式を持つ Opus [RFC6716]。
- [RFC3551] の 4.5.14 項で指定されたペイロード形式の PCMA および PCMU (ITU-T 勧告 G.711 [G.711] で指定されている)。
- [RFC3389] コンフォートノイズ (CN)。WebRTC エンドポイントは、独自の CN を提供しない G.711 またはその他のサポートされているコーデックでエンコードされたストリームに対して [RFC3389] CN をサポートする必要がある[MUST]。Opus は独自の CN メカニズムを提供するため、Opus で [RFC3389] CN を使用することは推奨されない[NOT RECOMMENDED]。送信者による Discontinuous Transmission (DTX)/CN の使用はオプションである[OPTIONAL]。
- [RFC4733] で指定されている「audio/telephone-event」メディアタイプ。エンドポイントはいつでも DTMF イベントを送信でき[MAY]、インバンドデュアルトーン多重周波数 (DTMF) トーンがある場合は抑制する必要がある[SHOULD]。WebRTC エンドポイントによって生成される DTMF イベントの持続時間は、8000 ミリ秒以下、40 ミリ秒以上でなければならない[MUST]。推奨されるデフォルトの持続時間は、トーンごとに 100 ミリ秒である。イベント間の間隔は 30 ミリ秒以上でなければならない[MUST]。推奨されるデフォルトの間隔は 70 ミリ秒である。WebRTC エンドポイントは、送信されたトーンを (RFC 4733 で指定されているように) 処理する必要はないが、正常にドロップする必要がある。現在、受信した DTMF またはその他のトーン (RFC 4733 で指定) について JavaScript に通知する API はない。WebRTC エンドポイントは、次のイベントを生成して使用できる必要がある[REQUIRED]。

イベントコード	イベント名	参照
0	DTMF digit "0"	[RFC4733]
1	DTMF digit "1"	[RFC4733]
2	DTMF digit "2"	[RFC4733]
3	DTMF digit "3"	[RFC4733]
4	DTMF digit "4"	[RFC4733]
5	DTMF digit "5"	[RFC4733]
6	DTMF digit "6"	[RFC4733]
7	DTMF digit "7"	[RFC4733]
8	DTMF digit "8"	[RFC4733]
9	DTMF digit "9"	[RFC4733]
10	DTMF digit "*"	[RFC4733]
11	DTMF digit "#"	[RFC4733]
12	DTMF digit "A"	[RFC4733]
13	DTMF digit "B"	[RFC4733]
14	DTMF digit "C"	[RFC4733]
15	DTMF digit "D"	[RFC4733]

エンドポイントが 8 kHz を超えるサンプリングレートでオーディオを処理できるすべての場合について、PCMA/PCMU の前に Opus を提供することをお勧め[RECOMMEND]。Opus の場合、すべてのモードがデコーダー側でサポートされている必要がある[MUST]。エンコーダ側のモードの選択は、実装者に任されている。エンドポイントは、オファー/アンサーメカニズムを使用して、特定のモードまたはptimeの優先順位を通知することができる[MAY]。

上記の必須コーデック以外のコーデックの実装に関する追加情報については、[RFC7875]を参照すること。

#### 4. オーディオレベル

ユーザが再生を手動で調整する必要がないように、また会議アプリケーションでのミキシングを容易にするために、音声伝送の「オンザワイヤ」オーディオレベルを標準化することが望ましい。また、-19 dBm0のアクティブオーディオレベルを推奨するITU-T勧告G.169およびG.115に準拠することも望ましい。ただし、G.169およびG.115とは異なり、WebRTCのオーディオは、G.712で指定されたパスバンドを持つように制限されておらず、実際には8から48 kHz以上の任意のサンプリングレートでサンプリングできる。このため、使用されるサンプリングレートに関係なく、300 Hzを超える周波数のみを考慮して、レベルを正規化する必要がある[SHOULD]。また、レベルは、-19 dBm0未満のレベルにゲインを下げるか、コンプレッサーを使用して、クリッピングを回避するように調整する必要がある[SHOULD]。

リニア 16 ビット PCM の値が $\pm 32767$ であると仮定すると、-19 dBm0は2600の二乗平均平方根(RMS)レベルに対応する。RMSの計算では、アクティブな音声のみを考慮する必要がある。通常の電話の場合と同様に、エンドポイントがオーディオキャプチャ全体を制御している場合は、平均的なスピーカーがアクティブな音声に対して2600(-19 dBm0)のレベルを持つようにゲインを調整することをお勧めする[RECOMMENDED]。ソフトウェアエンドポイントの場合と同様に、エンドポイントがオーディオキャプチャ全体を制御していない場合は、エンドポイントで自動ゲインコントロール(AGC)を使用して、レベルを2600(-19 dBm0)+6 dBに動的に調整する必要がある[SHOULD]。音楽またはデスクトップ共有アプリケーションの場合、レベルは自動的に調整されない[SHOULD NOT]。エンドポイントでは、ユーザが手動でゲインを設定できるようにする必要がある[SHOULD]。

信号エネルギーを正規化するために推奨されるフィルターは、300 Hzのカットオフ周波数を持つ二次パ

ターワースフィルターである[RECOMMENDED]。

一部のデバイスでは、録音済みの"商用"音楽を再生するためにオーディオ出力を"調整"するのが一般的である。これは通常、この章で推奨されるレベルよりも約 12 dB 大きくなる。このため、エンドポイントでは再生前にゲインを増やすことができる[MAY]。

## 5. アコースティックエコーキャンセレーション (AEC)

WebRTC の主要な使用モデルは、マイクとスピーカーが内蔵されたノートブックコンピューターで実行されている web ブラウザを介して相互に通信するために、対話型のオーディオとビデオの機能を使用するユーザであると考えられる。通信デバイスとしてのノートブックのパラダイムでは、困難なエコーキャンセレーションの問題が発生する。ここでは、具体的な解決策については説明しない。ただし、WebRTC と互換性のあるエンドポイントでは特定のアルゴリズムや標準は必要ないが、エコーキャンセレーションはユーザエクスペリエンスを向上させるため、エンドポイントデバイスで実装する必要がある。

WebRTC エンドポイントには、AEC またはその他の形式のエコー制御を含める必要がある[SHOULD]。汎用プラットフォーム(PC など)では、オーディオキャプチャ用のアナログ-デジタルコンバーター (ADC) と、オーディオ再生用のデジタル-アナログコンバーター (DAC) が異なるクロックを使用するのが一般的である。このような場合、キャプチャに web カメラが使用され、再生に別のサウンドカードが使用されている場合など、サンプリングレートはわずかに異なる可能性がある。エンドポイント AEC は、キャプチャと再生が同じクロックからサンプリングされることを保証するハードウェアと共に出荷されない限り、このような条件に対して堅牢である必要がある[SHOULD]。

エンドポイントは、通常 NLP で使用されるスペクトル減衰方法では適切に動作しない、音楽などのアプリケーションに対して、AEC 全体または非線形処理 (NLP) をオフにすることを許可する必要がある[SHOULD]。同様に、エンドポイントには、ヘッドセットの存在を検出し、エコーキャンセルを無効にする機能が必要である[SHOULD]。

リモートエンドポイントにエコーキャンセラーがない場合がある一部のアプリケーションでは、ローカルエンドポイントに遠端エコーキャンセラーを含めることができるが[MAY]、含まれている場合は既定で無効にする必要がある[SHOULD]。

## 6. 従来の VoIP 相互運用性

上記のコーデック要件により、少なくとも、G.711 をサポートする WebRTC エンドポイントと従来の電話システム間の音声相互運用性機能が確保される。

## 7. セキュリティに関する考慮事項

コーデック自体のセキュリティに関する考慮事項については、[RFC6716]、[RFC7587]、[RFC3551]、[RFC3389]、[RFC4733] などの仕様を参照すること。同様に、RTP ベースのセキュリティに関する考慮事項については、RTP の基本仕様を参照すること。WebRTC のセキュリティについては、[WebRTC-SEC]、[WebRTC-SEC-ARCH]、および [WebRTC-RTP-USAGE] で詳しく説明されている。

実装者は、[RFC6562] のガイドラインを使用して、可変ビットレートの使用がアプリケーションに適しているかどうかを検討する必要がある。暗号化と認証の問題は、この文書の範囲外である。



## 8. 參考資料

### 8.1 標準參照

- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, DOI 10.17487/RFC2119, March 1997, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc2119>>.
- [RFC3551] Schulzrinne, H. and S. Casner, "RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control", STD 65, RFC 3551, DOI 10.17487/RFC3551, July 2003, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3551>>.
- [RFC3389] Zopf, R., "Real-time Transport Protocol (RTP) Payload for Comfort Noise (CN)", RFC 3389, DOI 10.17487/RFC3389, September 2002, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3389>>.
- [RFC4733] Schulzrinne, H. and T. Taylor, "RTP Payload for DTMF Digits, Telephony Tones, and Telephony Signals", RFC 4733, DOI 10.17487/RFC4733, December 2006, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4733>>.
- [RFC6716] Valin, JM., Vos, K., and T. Terriberry, "Definition of the Opus Audio Codec", RFC 6716, DOI 10.17487/RFC6716, September 2012, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6716>>.
- [RFC6562] Perkins, C. and JM. Valin, "Guidelines for the Use of Variable Bit Rate Audio with Secure RTP", RFC 6562, DOI 10.17487/RFC6562, March 2012, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6562>>.
- [RFC7587] Spittka, J., Vos, K., and JM. Valin, "RTP Payload Format for the Opus Speech and Audio Codec", RFC 7587, DOI 10.17487/RFC7587, June 2015, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7587>>.
- [G.711] ITU-T, "Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies", ITU-T Recommendation G.711, November 1988, <<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711-198811-I/en>>.

### 8.2 參考文獻

- [WebRTC-SEC] Rescorla, E., "Security Considerations for WebRTC", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-security-08, February 2015.
- [WebRTC-SEC-ARCH] Rescorla, E., "WebRTC Security Architecture", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-security-arch-11, March 2015.
- [WebRTC-RTP-USAGE] Perkins, C., Westerlund, M., and J. Ott, "Web Real-Time Communication (WebRTC): Media Transport and Use of RTP", Work in Progress, draft-ietf-rtcweb-rtp-usage-26, March 2016.
- [RFC7875] Proust, S., Ed., "Additional WebRTC Audio Codecs for Interoperability", RFC 7875, DOI 10.17487/RFC7875, May 2016, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7875>>.