

# 第 3 章

## TCPのデータ転送

第2章では、TCPのプロトコルとしての概要について解説しました。そこでは、終点としてのプロトコルポートという概念を示し、TCPがIPアドレスとポート番号で示される2つのエンドポイント間で“End-to-End”の通信を行う役割を担っていることを示しました。

また、TCPの遷移状態図を示し、サーバとクライアントの基本的な動作と、それに伴う状態遷移を明らかにしました。そして、第2章の最後では、TCPのコネクションの確立と解放の手順を示し、あわせてオプションの指定方法を述べました。しかしながら、確立されたコネクションを使い、実際のデータ転送の方法についてはまだ何も示していません。

そこで、本章ではデータ転送の実際を詳細に示すとともに、TCPがどのようにして信頼性を確保しているのかを示します。また、TCPがどのようにしてフロー制御を行い、輻輳を回避するのかについても述べます。

### 3.1

## データ転送の概要

ここでは、TCPによるデータ転送のあらましを示します。はじめに、基本の転送パターンについて述べ、TCPがどのように信頼性を確保しているかについて概観します。

次に、TCPが伝送路を効率よく使用するために用いている**スライディングウィンドウシステム**について述べます。なお、スライディングウィンドウシステムは、同時にTCPにフロー制御のための機構(実際のフロー制御の方法は後に述べる)を提供します。

### 3.1.1 信頼性の確保

第2章で示したとおり、コネクションが確立されて、それぞれのエンドポイントがESTAB状態(図2.7の状態遷移図参照)となると、双方向にデータを転送することができるようになります。TCPではデータ通信の信頼性を確保するために、送られたデータに対して**確認応答(acknowledgement: ACK)**を求めます。第2章のコネクションの確立と解放で示した図2.8、図2.10、図2.12はすべてACKを返すことを前提にして記述されています。特に図2.12では、通常のデータ転送の際もACKが返送されることが示されています。

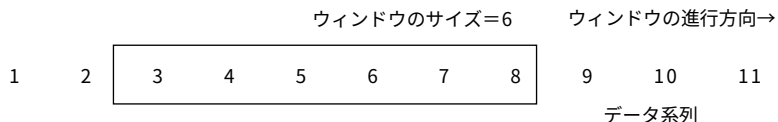


図3.3 スライディングウィンドウの概念図

### 3.1.2 スライディングウィンドウ

**スライディングウィンドウ**方式とは、簡単に言えば個々のデータのACKを待たずに、次々とデータを送出するものです。図3.3は、一般的なスライディングウィンドウの説明によく用いられる概念図です。図中の四角い枠でくくった部分がウィンドウと呼ばれ、この領域にあるデータはACKを待たずに送ることができます。また、このときのウィンドウ内に含まれる転送単位の数ウィンドウのサイズとなります。

図では、サイズ6のウィンドウが示されていますが、この中の6つのデータ(系列番号3～8)はそれぞれ個別のACKを待つことなく伝送路上に送出されます。そして、ACKが返ってくると、ウィンドウを進行方向で示した矢印の方向にスライドさせます。

TCPのスライディングウィンドウはサイズが可変長です。つまり、受信側の受信可能なバッファサイズによってウィンドウの大きさを変えることができます。受信できる最大のウィンドウサイズはACKと同時にTCPヘッダのWINDOWフィールドによって通知されます。このとき、**ウィンドウスケールオプション**があると、その記述に従ったウィンドウスケールリングを実施し、実際のウィンドウサイズを決定します。このように、受け入れられるウィンドウサイズを可変長とすることによって、TCPは一種のフロー制御を実現しています(フロー制御については、輻輳の問題とともに後述する)。

TCPのスライディングウィンドウは、送信する側で、図3.4に示すような3つのポインタを使って管理されています。なお、ウィンドウのスライド方向は図3.3の場合と同じように左から右とします。

- (1) ウィンドウの左端：すでに送出された確認応答を受け取ったセグメントと、送出はされたが確認応答を受け取っていないセグメントを区別します。図3.4では、1, 2のセグメントはすでに確認応答されていますが、3, 4, 5は送出されたが確認応答はされていないセグメントを示します。
- (2) 送信データの区切り：ウィンドウ内のどのセグメントまでを送出したのかを記録するポインタで、ポインタの左側がすでに送出されたセグメント(3, 4, 5)で、右側がまだ送出されていないセグメント(6, 7, 8)です。
- (3) ウィンドウの右端：送出可能かどうかを決める境界で、これよりも左にあるセグメントが現在送出可能であり、右にあるセグメント(9以降)はまだ送出できないセグメントを示します。

受信側は、セグメントが送られてくると、ACKと同時にウィンドウサイズを通知します。送信側はACKが返ってくると、それに従ってウィンドウをスライドさせます。この場合、すでに送出された3つのセグメントのACKが返って来ると、ウィンドウをすばやく3つスライドします。もちろん、これに従って3つのポインタの値も変化します。また、ウィンドウサイズの変更が通知されると、それに従ってサイズを変えます。このあたりのメカニズムはフロー制御の部分で詳しく述べます。