ファミリーキット - 保護者の方へ

「おしゃべりする飛行機」を子どもにどう説明するか

このページでお伝えするのは、台本ではなく理解そのものです。各章ではまずひとつの考え方をきちんと説明し、次に5歳から12歳の子どもが思い描けるイメージ、そのイメージが正しいと言える理由と通用しなくなる点、そしてそれを実感させる台所のテーブルでできる実験を紹介します。まずはご自身で一度お読みください。そのあとは子ども向けのページが説明を引き受けます。

学ぶ - https://radar.dataero.eu/ja/learning/family　2026-11-21

目次

このテーマが子どもにとてもよく合う理由
第1章 混み合う空と、誰かが見守らなければならない理由
第2章 飛行機はどうやって自分の位置を知るのか: 雷、稲妻、そして衛星
第3章 メッセージ: 飛行機は何を、どのくらいの頻度で伝えるのか
第4章 見えない光: 電波とは実際何なのか
第5章 金属の耳: アンテナと、地球が丸いことが大切な理由
第6章 地図: たくさんの耳でひとつの絵を作る
子どもたちがする質問と、正直な答え
次へ 最後の章は本物のレシーバー

このテーマが子どもにとてもよく合う理由

5歳から12歳の子どもは、目に見えないものを探る生まれながらの探偵です。スマートフォンが見えない基地局と「話している」こと、リモコンがテレビに何かを「送っている」こと、月が海を引っ張っていることを、すでに受け入れています。足りないのは見えないものを信じる気持ちではなく、それがどう働くのかを思い描くイメージです。そして子どもたちは、本当の説明と「ただの魔法だよ」との違いを驚くほど正確に見分けます。ADS-Bは5つの考え方の連なりでできていて、そのどれにも子どもが思い描ける具体的で正しいイメージがあり、どれもロープと懐中電灯とスマートフォンがあれば家で実演できます。

このページの基本方針は、単純化とは「本当のことを簡単に言うこと」であって、「間違ったことを安心させるように言うこと」ではない、ということです。「電波は目に見えない光です」は単純化されていますが正しく、物理学者もうなずくでしょう。「電波は特別な種類の音です」は簡単ですが間違いで、14歳になったときに改めて学び直さなければなりません。以下のたとえにはすべて、どこまで通用し、どこで通用しなくなるかを示してあります。ですから自信をもって「ちょっと…に似ているんだよ」と言え、お子さんに突っ込まれたら「でも、ぴったり同じではないんだ。なぜなら…」と答えられます。

年齢に応じた深さ
5歳から7歳なら、第1章、第3章、第4章、第6章を物語として話せば十分で、大切なのは実演です。8歳から12歳なら、6章すべてを通して読みましょう。数字（1秒に2回、秒速30万 km、400 km）や「なぜ」を知りたがるはずですし、ライブマップを自分で操作させてもよいでしょう。どの章についても大人向けの詳しい説明が知りたい場合は、リファレンスコースで詳しく扱っています。

第1章

混み合う空と、誰かが見守らなければならない理由

考え方。ふだんの日には、約3万便がヨーロッパの上空を通過します。ベルギーの町の上空には、ほぼいつも少なくとも1機、たいていは数機の旅客機が飛んでいて、そのほとんどは高すぎてはっきりとは見えません。高度10キロメートル、空気が薄く冷たいところでは、航空機はきらりと光る点か白い線にしか見えないのです。航空機は時速約900 km、つまり1秒に250メートルの速さで飛んでおり、私たちが航空機を見るのと同じように、航空機同士もよく見えていません。そのため、互いの間隔を保つために、地上の誰かが常にすべての航空機の位置を把握していなければなりません。この仕事を航空交通管制といい、このコース全体の問いは「彼らはどうやってそれを知るのか」です。

子どものためのイメージ。空は、路面に道も車線の線も描かれていない高速道路で、そこを走る車は地上のどんな乗り物よりも速く、しかも互いが見えていません。空全体の「緑のおばさん」（交通誘導員）が誰か必要なのです。上空にどれほど多くの航空機がいるかに気づくと、子どもたちは本当にわくわくします。その驚きが、この先すべての入り口になります。

どこまで通用し、どこで通用しなくなるか。高速道路のイメージは「速い、たくさんいる、離しておかなければならない」を伝えるのに適しています。ただ、航空機が描かれた道をくっついて飛んでいると子どもが思い込むと誤解になります。実際には、航空機は垂直方向に少なくとも300メートル、水平方向には数キロメートルの間隔を保つことになっており、だからこそ衝突はきわめてまれなのです。「サッカー場を3つ縦に積み上げたよりも近づいてはいけない決まりなんだよ」と言ってみてください。

家で: 5分間カウント
窓辺や庭に5分間立って、空を見て耳を澄ませます。見えたり聞こえたりした航空機を1機ずつ記録しましょう。それからスマートフォンでライブマップを開き、自分の町まで拡大して比べてみます。ほぼ必ず、気づいたよりも数機多くいるはずです。目がとらえるものと地図が示すものとの差こそが学びです。空は見た目よりはるかに混み合っていて、その全体を見ている人がいるのです。この記録はとっておきましょう。第6章でまた使います。

第2章

飛行機はどうやって自分の位置を知るのか: 雷、稲妻、そして衛星

考え方。ADS-Bの巧みなところは、地上が飛行機を見つける必要がないことです。飛行機は自分がどこにいるかをすでに知っていて、それをただ伝えるのです。飛行機がそれを知っているのは航法衛星のおかげです。高度2万 kmで地球を回る約30基の衛星は、それぞれがとても正確な時計を積み、「私は12番衛星、時刻はちょうど…」と絶え間なく呼びかけています。電波がその高さから届くまでには少し時間がかかり、およそ100分の7秒です。そのため、飛行機には各衛星の時刻がわずかに遅れて聞こえます。どれだ

け遅れたかで、その衛星までの距離がわかります。4基の衛星から4つの距離がわかると、4つすべてからちょうどその距離にある場所は世界に1か所しかありません。そこが飛行機の位置で、誤差は数メートル以内です。

子どものためのイメージ。雷と稲妻です。稲光はすぐに見え、雷鳴はあとから聞こえます。その間が長いほど、嵐は遠くにあります。秒数を数えて3で割ればキロメートルになります。衛星が稲妻で、飛行機は数を数えているあなたです。今度は、4つの方向で同時に4つの嵐が起きているところを想像してください。それぞれがどれだけ遠いかがわかれば、自分がどこに立っているかを正確に割り出せます。雷までの秒数を数えたことのある子どもは、この考え方の半分をすでに手にしています。

どこまで通用し、どこで通用しなくなるか。「遅れで距離がわかる」という点については見事に通用します。通用しなくなるのは1か所です。雷の場合は、遅いもの（音）が速いもの（光）のあとに届き、その2つを比べます。衛星の場合、信号は1つしかなく、飛行機がその送信時刻を知っているのは、衛星がメッセージの中に送信時刻を書き込んでいるからです。消印の時刻が書かれた手紙のようなものです。お子さんが「でも、衛星がいつ叫んだのか、飛行機はどうしてわかるの？」と聞いてきたら、これが正しい答えであり、理解できている証拠です。

家で: こだまゲーム
長い部屋か庭の両端に立ちます。一人が手をたたき、もう一人は聞こえた瞬間に手を挙げます。近づいたり、離れたりしてみましょう。次は、手拍子の代わりに懐中電灯を光らせてみます。気づくほどの遅れはありません。これが音（遅く、1秒に340 m）と、光や電波（速すぎて家の中では遅れが見えないけれど、衛星はとても遠いので光でさえ測れるほどの時間がかかる）との違いです。年長の子どもには数字を加えましょう。光は1秒に30万 km進み、衛星は高度2万 kmにあるので、遅れはおよそ15分の1秒です。

第3章

メッセージ: 飛行機は何を、どのくらいの頻度で伝えるのか

考え方。1秒に約2回、航空機に積まれた小さな無線機、トランスポンダーが、誰にも頼まれることなく短いメッセージを送り出します。メッセージは4つの部分からなります。名前（すべての航空機が登録時に与えられる恒久的なコードで、ナンバープレートのようなもの。それに「Brussels Airlines 1234」のような便のコールサイン）、位置（第2章の衛星による位置）、高度（外の気圧から測ります。気圧は上昇するにつれて下がります）、そして速度と方向です。メッセージはとても小さく、「はい・いいえ」の答え112個分の長さで、続く時間はおよそ1万分の1秒です。最後には24個の追加の「はい・いいえ」の答えがあり、バーコードのチェックディジットのように働きます。受け手がメッセージで計算をし、その結果がチェックと一致しなければ、途中で何かが乱れたということなので、そのメッセージは捨てられます。

子どものためのイメージ。飛行機とは、部屋の中を歩き回りながら、0.5秒ごとに「ぼくはズーム、ソファのそばにいるよ、高いところにいるよ、速く進んでいるよ」と言っている子どもです。聞かれるのを待たず、誰が聞いているかも気にせず、決してやめません。これはコースの中で子どもが体全体で演じられる唯一のイメージで、やってみる価値があります。そのあとでは「飛行機がメッセージを送る」は抽象的な話ではなく、自分自身がなってみたものになるからです。

どこまで通用し、どこで通用しなくなるか。「自動的に、繰り返し、全員に向けて放送される」という点について通用します。これはまさにエンジニアが重視する3つの性質です。通用しなくなるのは「言う」という言葉です。メッセージは言葉でも音でもなく、電波のパルスのパターンです。これは第4章の内容

です。年長の子どもなら、112個の「はい・いいえ」の答えについて説明しましょう。「飛行機は文字を送れないんだ。送れるのは『はい』か『いいえ』だけ。だから112個を一列に並べて送って、それぞれの意味はみんなで決めてあるんだよ。最初の24個を合わせると名前になるんだ」。10歳の子なら、24個の「はい・いいえ」の答えで1700万近くの違う名前ができ、これまでに作られたすべての航空機に足りることを示せます。

先回りして防ぎたい、よくある誤解。多くの子ども（そして大人）は、飛行機は「レーダーで見られている」とか「衛星に見張られている」と思っています。衛星は飛行機を見張ってはいません。飛行機が衛星の声を聞き、自分の位置を割り出し、それを自分で地上に伝えるのです。レーダーは実在し今も使われていますが、信号を飛行機に当てて跳ね返らせるという、逆のやり方で働きます。この違いははっきり伝える価値があります。それこそがADS-Bの核心だからです。誰も飛行機を見つけてはいません。飛行機が自ら名乗っているのです。

家で: 飛行機になって、次は管制塔になろう
子どもが航空機です。両腕を広げて部屋の中を歩き回り、数歩ごとに4つの部分からなるメッセージを言います。あなたは紙を1枚持った管制塔で、子どもが話すたびにその位置を描きます。それから役を交代します。次に、子どもがメッセージを1分に1回しか言わないことにしてやってみます。メッセージとメッセージの間にどれほど移動してしまうか、そしてあなたの絵がどれほど遅れてしまうかに注目してください。だからこそ1秒に2回が大切なのです。

第4章

見えない光: 電波とは実際何なのか

考え方。メッセージは電波となって航空機から出ていきます。そして電波は光です。光に「似た」ものではなく、同じものです。光とは、電気と磁気のさざ波が秒速30万 kmで空間を伝わるものであり、あるさざ波が赤になり、別のものが青になり、また別のものが電波やX線になるのは、ただ振動の速さの違いによるものです。私たちの目はたまたま、振動の速さの狭い帯、つまり虹の色に気づくようにできています。電波は、目がとらえられるどんなものよりもずっとゆっくり振動します。航空機の電波は1秒に10億9000万回振動しており、速そうに聞こえますが、緑の光はさらにその50万倍速く振動していると知れば印象が変わるでしょう。振動がゆっくりだということは、波が「長い」ということでもあります。さざ波の山から次の山までの距離は27.5 cmで、学校で使う定規くらいです。一方、緑の光では1000分の1ミリメートルにも満たない長さです。

子どものためのイメージ。目に見えない色です。子どもたちは、犬には人に聞こえない笛の音が聞こえ、ハチには人に見えない花の模様が見えることをすぐに受け入れます。「電波は私たちには見えない色だけど、アンテナには見えるんだよ」は、まさに同じところに収まります。次にロープです。ロープをゆっくり振ると長くのんびりした波ができ、速く振ると短くせわしない波ができます。電波は長くのんびりした波で、光は短くせわしない波で、どちらもロープの上を同じ速さで伝わります。

どこまで通用し、どこで通用しなくなるか。ロープのたとえは「波」「波長」「速く振ると波が短くなる」について通用し、これは本物の物理です（ロープ上の速さは一定なので、周波数と波長の積は一定になり、光の場合とまったく同じです）。通用しなくなるのは、ロープにはロープが必要だという点です。光や電波には何も必要なく、何もない空間を渡ることができます。だから衛星の信号が飛行機に届くのです。何よりも避けたい誤解は、電波と音を混同することです。音は空気の分子が互いにぶつかり合うもの

で、遅く（秒速340 m）、空気を必要とします。電波は光で、音より100万倍近く速く、何も必要としません。台所にある「ラジオ」という箱は、実は電波という光を受け止めて、それを音に変える装置です。そう言ってあげる価値があります。

家で: ロープと懐中電灯
なわとびのロープをドアの取っ手に結びます。ゆっくり振ったり、速く振ったりして、それぞれの波1つ分を定規で測りましょう。次に懐中電灯です。スイッチを入れて、光がどこにあるかを聞いてみます。部屋中どこにでも、一瞬で届いています。「もしこの懐中電灯がラジオだったら、飛行機のアンテナには見えるかな？」と聞いてみましょう。見えます。同じものだからです。最後に定規を掲げて言います。「飛行機の波は、山から次の山までこのくらいの長さなんだ。それが今この部屋を、1秒に何千ものさざ波になって通り抜けているのに、ひとつも見えないんだよ」。

第5章

金属の耳: アンテナと、地球が丸いことが大切な理由

考え方。電波が金属のそばを通ると、金属の中の電気がそれに合わせて行ったり来たり揺れ動きます。その小さな揺れが「聞く」ということです。金属は、波に合った大きさ、つまり山から山までの距離の4分の1のときにいちばんよく聞こえ、航空機の電波の場合は約7 cmです。だから、この用途のアンテナは小さな棒なのであり、長さの合わない針金ではうまく聞こえないのです。アンテナは同調した耳で、自分のリズムに合わせて押したときだけ高く上がるブランコのようなものです。電波は光なのでまっすぐ進み、地球は丸いので、低いアンテナからのまっすぐな線はすぐ地面にぶつかります。アンテナが高いほど、地球に遮られるまでに線は遠くまで届きます。屋根の上からなら、高度10キロメートルの航空機の声が400 km以上離れていても聞こえます。ブリュッセルからパリまで往復するよりも遠い距離です。それより先では、信号がどんなに強くても航空機は水平線の下にあり、何も聞こえません。

子どものためのイメージ。イメージは2つです。アンテナは金属の耳で、本物の耳と同じように、特定の音に合った大きさがあります（犬の大きな耳とネズミの小さな耳では聞こえるものが違うことを、子どもは知っています）。そして水平線は、人混みの向こうを見ようと椅子の上に立つことです。地球はとても大きなボールで、高いところにいるほど、その丸みの向こうまで見えます。船のマスト、灯台、木の上の見張り台はみな同じ考え方で、子どもたちはたいてい物語の中でそのどれかに出会っています。

どこまで通用し、どこで通用しなくなるか。耳のイメージは「波を受け止め、ある大きさに同調している」という点で通用します。通用しなくなるのは、耳は聞くこと自体が起こる場所でもあるのに対し、アンテナは受け止めるだけだという点です。実際の解読はレシーバー（受信機）とコンピューターの中で行われ、それは第6章の話です。椅子のイメージはほぼ正確です。年長の子ども向けに唯一補足するなら、空気は電波をわずかに下向きに曲げるので、電波の水平線は目に見える水平線より少し遠くにある、ということです。

家で: アンテナ探しと水平線散歩
アンテナを探しましょう。Wi-Fiルーター（突き出た棒、または中に隠れているもの）、車のシャークフィン、スマートフォン（ふちの中に隠れています）、ラジオ、そして屋根の上。どれほど多くが高いところにあるかに気づいたら、その理由を聞いてみます。次に見晴らしのよい場所へ行きましょう。子どもがしゃがみ、立ち、そしてあなたの肩車に乗ると、そのたびに少しずつ遠くまで見えます。家の屋根の上にある飛行機用のアンテナも同じことをしていて、遠くの飛行機は、のぞき込める高さまで上がるまで「丸い地球のかげに隠れている」のだと説明しましょう。

第6章

地図: たくさんの耳でひとつの絵を作る

考え方。1本のアンテナが聞けるのは、さしわたし数百キロメートルの円形の空です。ひとつの屋根からヨーロッパ全体を聞くことは誰にもできないので、地図は家や空港や学校にある何百本ものアンテナから作られます。それぞれが聞いたことをインターネットで1か所に送り、そこでコンピューターが断片をつなぎ合わせます。同じ航空機はたいてい10本から20本のアンテナに同時に聞かれており、コンピューターはそれが同じ機体だと気づきます。その結果がライブマップです。話しているすべての航空機が、どこにいて、どのくらいの高さで、どのくらいの速さなのかが、1秒ごとに更新されます。地上はそのどれも測っていません。航空機が伝え、アンテナが聞き、コンピューターが断片を組み合わせたのです。航空管制官もほぼ同じ絵を見ていますが、そこにはセカンドオピニオンとしてレーダーが重ねられています。

子どものためのイメージ。ジグソーパズルです。それぞれのアンテナが、円形の空というピースを1つずつ持っています。すべての円を合わせると、端が重なり合いながら全体の絵ができあがります。あるいは、伝言ゲームの逆です。ひとつのメッセージが順に伝えられて崩れていくのではなく、何百人もの聞き手がそれぞれ聞いたことを報告し、同じことを聞いた人同士が互いを裏づけ合うのです。

どこまで通用し、どこで通用しなくなるか。ジグソーパズルは、カバー範囲についてはほぼ正確です。注意が必要なのは「すべての飛行機」という点です。地図に現れるのは話している航空機だけです。旅客機はほぼすべてが話しますが、小型の自家用機、グライダー、そして多くの軍用機は話さないことがあり、衛星受信機が妨害されている航空機はでたらめを話します。ですから地図は正直ですが完全ではありません。これは、どんな地図についても子どもが知っておくとよいことです。

家で: 自分の飛行機を見つけよう
ライブマップを開いて自宅まで拡大し、航空機が頭上を通るのを待ちます。地図上でそれを見つけてタップしましょう。名前、高度、速度、どこから来てどこへ向かうのかがわかります。それから空のきらめきを見上げて言います。「あの飛行機は今まさに、1秒に2回メッセージを言っていて、誰かのアンテナがそれをとらえたから、地図で見えるんだよ」。第1章の記録と比べてみましょう。最後に、つながり全体を確かめる質問で締めくくります。「もしあの飛行機が話すのをやめたらどうなる？」（地図から消えます。ただし管制官にはまだレーダーがあります。）

子どもたちがする質問と、正直な答え

ここに挙げるのは最もよく出てくる質問で、どれも安心させるための答えではなく本当の答えに値します。どの質問も、子どもがあなたの与えたモデルを試している証拠だからです。

「大声で叫んだら、飛行機に聞こえる？」いいえ。その理由は第4章の内容すべてです。叫び声は音、つまり空気のさざ波で、数百メートルのうちに消えてしまいます。一方、飛行機の無線機が聞いているのは、衛星やほかの飛行機からの見えない光だけです。付け加えておくとよいのは、家の中の何ひとつとして飛行機と話してはいない、ということです。地図はすべて聞くことだけで成り立っています。

「パイロットはボタンを押してメッセージを送るの？」いいえ。トランスポンダーが、航空機が動き始めた瞬間から駐機するまで、1秒に2回、自動的に送ります。パイロットがそれを止めるにはトランスポンダーの電源を切るしかなく、それは飛行中には禁止されています。これがこのシステムの名前にある「Automatic（自動）」の意味であり、航空機が範囲内にいる間、地図に途切れがない理由です。

「飛行機にも、地図でわたしたちが見えるの？」家や人は見えません。でも、周りにいるほかの飛行機のメッセージは聞くことができ、最新の旅客機ではそれがコックピットの画面に表示されます。ですからパイロットは管制官と同じ絵を見ていて、たとえ地上が沈黙していても互いに距離をとることができます。つまり飛行機は、話すだけでなく、互いの声を聞いてもいるのです。

「どうして波が見えないの？」目は、きわめて速く振動する光、つまり虹の色のためだけにできていて、電波は目にとってゆっくりすぎるからです。それでも1秒に10億回以上振動しています。アンテナは、まさにそのゆっくりした振動のために作られた、別の種類の目です。続けて、家の中のWi-Fiも子どもには見えないこと、そしてその答えも同じであることを指摘するとよいでしょう。

「2機の飛行機が同時に話したらどうなるの？」アンテナのところでメッセージが重なって乱れることがあり、混雑した空港の上空ではこれが絶えず起きています。だからこそ、すべてのメッセージは第3章の24個の答えによるチェックで終わるのです。乱れたメッセージはチェックに通らずに捨てられ、どの飛行機も0.5秒後にまた繰り返すので、長く失われるものは何もありません。年長の子どもにとっては、メッセージがなぜこういう作りになっているのかを示すよい例です。

「聞いてもいいの？」はい。飛行機は、ほかの飛行機や地上の人々に聞こえるように、わざと全員に向けて名乗っています。放送を聞くことは誰にも害を与えません。飛行機の周波数で何かを送信するのは別の話で、厳しく禁止されています。だからこのコースでは何ひとつ送信しません。

次へ

最後の章は本物のレシーバー

この物語は、窓辺に置いた本物の装置で締めくくるのがいちばんです。実践ワークショップでは、買うべきものを具体的に挙げ（約100から150ユーロ）、子どもと一緒に組み立てる方法、小さなコンピューターを準備してDataeroフィーダーをインストールする方法、そして1時間後には自分のアンテナが聞いた飛行機が、家族のステーションの名前を情報源としてライブマップに現れるまでを紹介しています。「うちの飛行機」の点が地図に現れるのを見た子どもは、それがどうやってそこに来たのかを忘れません。

実践ワークショップを開く https://radar.dataero.eu/ja/learning/workshop